

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО

Навчально-науковий інститут загально університетської підготовки

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Машиновикористання в землеробстві

доцент _____ Володимир КУВАЧОВ

“ ___ ” _____ 2021 року

Пояснювальна записка

до дипломної роботи
здобувача ступеня вищої освіти «Магістр»

на тему: **«ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ**
ОРНИХ АГРЕГАТІВ В СКЛАДІ НАВІСНИХ ПЛУГІВ
В УМОВАХ 5-ГО ВІДДІЛЕННЯ АГРО-ПРОМИСЛОВОЇ КОМПАНІЇ
«УКР-ЛЕНДФАРМІНГ» КАХОВСЬКОГО РАЙОНУ
ХЕРСОНСЬКОЇ ОБЛАСТІ»

32МЗД.120.000000ПЗ

Виконав: здобувача ВО 2 курсу 21МБАІ 3 групи
Спеціальності 208 Агроінженерія
Освітня програма Агроінженерія

_____ О.В. СОВЯК

Керівник проф. _____ В.М. БУЛГАКОВ

Консультант проф. _____ Ю.П. РОГАЧ

Нормоконтроль доц. _____ Т.С. ЧОРНА

Рецензент

_____ (підпис)

_____ (ініціали та прізвище)

Мелітополь
2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО

Інститут

ННІ ЗУП

Кафедра Машиновикористання в землеробстві

Ступінь вищої освіти Магістр

Спеціальність 208 Агроінженерія

Освітня програма Агроінженерія
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МВЗ

доцент _____

КУВАЧОВ

Володимир

“ ___ ” _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВО

СОВЯК Олександр Віталійович

1 Тема роботи: «Підвищення ефективності використання орних агрегатів в складі навісних плугів в умовах 5-го відділення агро-промислової компанії «Укрлендфармінг» Каховського району Херсонської області»

керівник проекту професор БУЛГАКОВ В.М.,

затверджена наказом ректора університету від “ ___ ” _____ 20__ р. № _____.

2 Строк подання студентом роботи 22.01.2021 р.

3 Вихідні дані до роботи Результати практики, Інформація з науково-практичних періодичних видань України, рекомендовані технологічні карти на вирощування сільськогосподарських культур на півдні України, нормативні документи тощо.

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Проаналізувати актуальність теми роботи, виявити проблеми при агрегуванні навісних оборотних плугів з регульованою шириною захвату

2. Обґрунтувати систему раціонального агрегування орних агрегатів із регульованою шириною захвату

3. Обґрунтувати ефективні рішення щодо експлуатації оборотних плугів на оранці

4. Проаналізувати, обґрунтувати та розробити заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях

5. Оцінити економічну ефективність використання оборотного плуга з регульованою шириною захвату

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

1. Аналіз проблем використання орних МТА з регульованою шириною захвата

2. Оптимізація раціонального агрегування плугів з регульованою шириною захвата

3. Моделювання процесу кутових зміщень плуга в горизонтальній площині

4. Теоретичні дослідження процесу агрегування орного МТА

5. Система коригування поворотом навісного механізму плуга в горизонтальній площині

6. Оцінка економічної ефективності використання оборотного плуга з регульованою шириною захвату

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	РОГАЧ Ю.П., професор		

7 Дата видачі завдання 21.12.2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Актуальність теми, постановка проблеми, аналіз останніх досліджень	21.12.2020 р.- 29.12.2020 р.	
2	Обґрунтування системи раціонального агрегування орних агрегатів із регульованою шириною захвату	30.12.2020 р.- 06.01.2021 р.	
3	Прийняття ефективних рішень щодо експлуатації оборотних плугів на оранці	07.01.2021р. - 14.01.2021 р.	
4	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	15.01.2021р. - 18.01.2021 р.	
5	Оцінка економічної ефективності використання оборотного плуга	19.01.2021 р.- 22.01.2021 р.	

Здобувач ВО

(підпис)

О.В. СОВЯК

(ініціали та прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

В.М. БУЛГАКОВ

(ініціали та прізвище)

№ рядка	Форма	Позначення	Найменування	Кількість	№ аркуша	Примітка
	A4	32МЗД.120.000000ПЗ	Пояснювальна записка	82		
	A1	32МЗД.120.101000	Аналіз проблем			
			використання орних МТА			
			з регульованою шириною			
			захвата	1	1	
	A1	32МЗД.120.201000	Оптимізація раціонального			
			агрегативання плугів			
			з регульованою шириною			
			захвата	1	2	
	A1	32МЗД.120.202000	Моделювання процесу			
			кутових зміщень плуга			
			в горизонтальній площині	1	3	
	A1	32МЗД.120.203000	Теоретичні дослідження			
			процесу агрегативання			
			орного МТА	1	4	
	A1	32МЗД.120.204000	Система коригування			
			поворотом навісного			
			механізму плуга в			
			горизонтальній площині	1	5	
	A4	32МЗД.120.501000ПЗ	Оцінка економічної			
			ефективності використання			
			оборотного плуга з			
			регульованою шириною			
			захвату	1	6	
<div style="border: 1px dashed black; width: 100%; height: 100%;"></div>						
32МЗД.120.000000ВДР						
Зм.	Арку	№ докум.	Підп.	Дата		
Розроб.	Совяк				Лім.	Аркуш
Перев.	Булгаков					Аркуші
Н. контр.	Чорна				ТДАТУ, 2021	
Затв.	Кувачов					

РЕФЕРАТ

Дипломна робота: 82 сторінки машинопису, 5 розділів, 5 таблиць, 26 джерел літератури.

Графічна частина роботи – 6 листів формату А1.

Мета роботи – підвищення ефективності використання навісних оборотних плугів з регульованою шириною захвата шляхом розроблення системи їх раціонального агрегування та використання.

Об'єкт досліджень – процес функціонування навісного плуга з регульованою шириною захвата в горизонтальній площині.

Предмет досліджень – закономірності впливу схеми та параметрів орного МТА в складі навісного плуга з регульованою шириною захвата на його експлуатаційно-технічні показники.

В роботі проаналізовано актуальність теми, виявлено проблему при агрегуванні навісних оборотних плугів з регульованою шириною захвату.

Обґрунтовано систему раціонального агрегування орних агрегатів із регульованою шириною захвату.

Обґрунтовано ефективні рішення щодо експлуатації оборотних плугів на оранці.

Обґрунтовані рекомендації до раціонального агрегування плугів з регульованою шириною захвата

Теоретично досліджено процес агрегування трактора John Deere-8310 з плугом Kverneland.

Розроблена система коригування поворотом навісного механізму плуга в горизонтальній площині.

Проаналізовано, обґрунтовано та розроблено заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях

Оцінено економічну ефективність використання оборотного плуга з регульованою шириною захвату

Ключові слова: ПЛУГ ОБОРОТНИЙ, ОРАНКА, СТІЙКІСТЬ РУХУ, РАЦІОНАЛЬНЕ АГРЕГАТУВАННЯ, МОДЕЛЮВАННЯ, ЕФЕКТИВНІСТЬ.

ЗМІСТ

Вступ	7
1 Актуальність теми, постановка проблеми, аналіз останніх досліджень	8
1.1 Перспективи використання оборотних плугів з регульованою шириною захвата	8
1.2 Проблема забезпечення стійкості руху навісного плуга з регульованою шириною захвату в горизонтальній площині	23
2 Обґрунтування системи раціонального агрегування орних агрегатів із регульованою шириною захвату	30
2.1 Обґрунтування параметрів плуга з регульованою шириною захвату при відомих умовах його використання	30
2.2 Дослідження процесу стабілізації стійкого руху орного МТА в горизонтальній площині	38
2.3 Розроблення системи коригування поворотом навісного механізму плуга в горизонтальній площині	44
3 Прийняття ефективних рішень щодо експлуатації оборотних плугів на оранці	49
4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	55
4.1 Загальні вимоги безпеки до тракторів і сільськогосподарських машин	55
4.2 Вимоги до механізованих технологічних процесів у рільництві	58
4.3 Оцінка безпеки сільськогосподарської техніки	59
4.4 Моделювання аварійних і травмо небезпечних ситуацій	61
4.5 Охорона праці при виконанні оранки	63
4.6 Безпека в надзвичайних ситуаціях	63
5 Оцінка економічної ефективності використання оборотного плуга	68
Висновки	77
Список літератури	80

ВСТУП

Плуг був, є і в найближчому майбутньому залишатиметься одним із основних знарядь для глибокого полицевого обробітку ґрунту.

Проте, не зважаючи на відносно просту конструкцію, це знаряддя є практично єдиним, яке в одних і тих самих ґрунтових умовах, за одного і того самого режиму роботи при агрегуванні з різними тракторами може створювати (і, як правило, створює) різний тяговий опір. Такий результат зумовлюється співвідношенням між шириною ходової системи енергетичного засобу та конструктивною шириною захвату орного знаряддя. Для забезпечення високих тягово-енергетичних показників, мінімальних витрат палива та якісного виконання технологічного процесу ширина захвату плуга має бути більшою за ширину ходової системи колісного або гусеничного трактора. Часто ця вимога не виконується, що призводить до асиметричного агрегування плуга з усіма можливими негативними наслідками, що з цього випливають.

Під правильним агрегуванням трактора з плугом розуміють таке, яке за стійкого руху останнього у горизонтальній площині забезпечує йому якомога менший тяговий опір. Схема приєднання плуга до трактора визначає тягово-енергетичні показники, продуктивність, стійкість прямолінійного руху, керованість і якісні показники роботи орного МТА. Це пов'язано з тим, що конструктивно важко досягти оптимального співвідношення між шириною захвату плуга і колією трактора.

Водночас стійкість ходу орного агрегату в горизонтальній площині залежить від положення лінії тяги відносно сліду миттєвої осі повороту плуга. Відомо, що зі збільшенням нахилу лінії тяги вправо відносно точки миттєвого центру повороту плуга сила тяги і реакція на польові дошки зменшуються, а з нахилом вліво – збільшуються. Однак значне зменшення реакції на польові дошки може порушити стійкий хід плуга, особливо при неоднаковому по довжині гону питомому опору ґрунту. Нахил лінії тяги щодо миттєвого центру повороту плуга як вправо, так і вліво погіршує керованість трактора і підвищує енерговитрати на виконання процесу оранки. Виходячи з цього вважають, що лінія тяги повинна проходити через точку миттєвого центру повороту, а лінія її дії – збігатися з кінематичним центром трактора. Поряд з цим має витримуватися відстань 10...20 см від стінки борозни до

зовнішньої крайки правої гусениці або правого заднього колеса тракторів, якщо колеса (гусениці) останніх рухаються не в борозні.

Проблема полягає в тому, що налаштування навісного механізму орного агрегату з регульованою шириною захвату, зокрема корегування бокової тяги шляхом зміни довжини внутрішнього шпинделя навіски плуга, відбувається вручну. Через це складно в такий спосіб точно виставити правильну уявну лінію між трактором і плугом, особливо, якщо використовується в агрегаті трактор і плуг з регульованою шириною захвату різних заводів-виробників. І в такому випадку природно відсутні інструкції з налаштування плуга в горизонтальній площині.

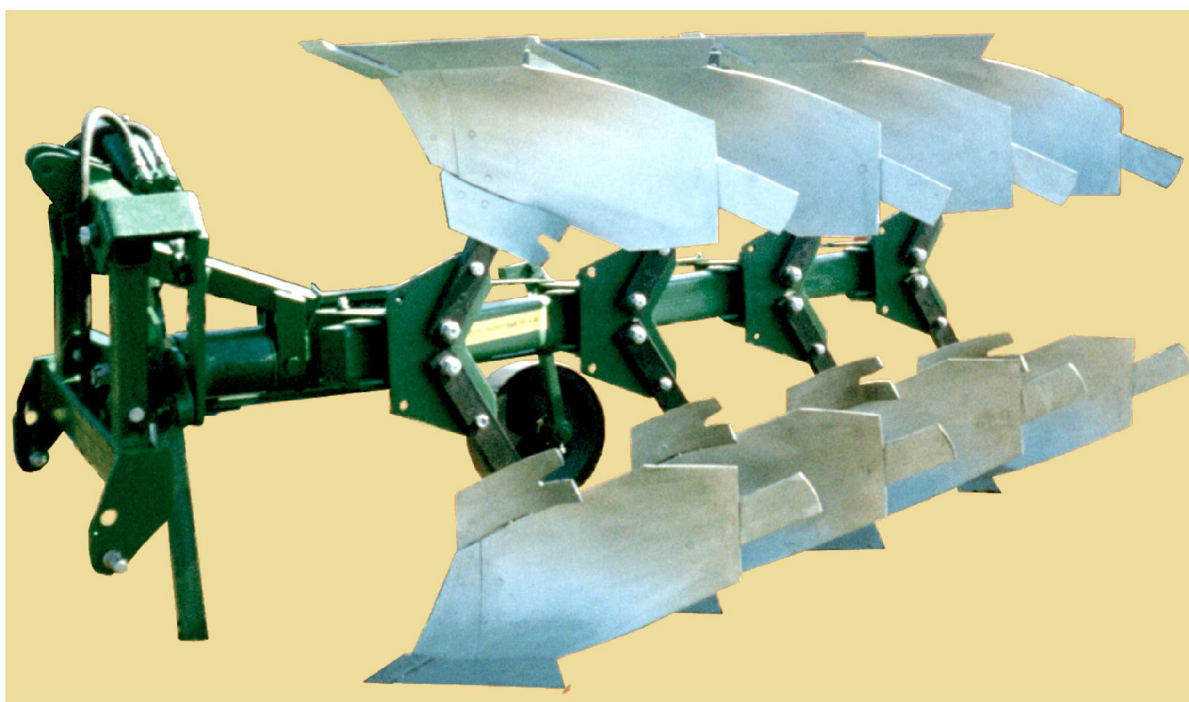
Тому розробка мехатронної системи з агрегування навісного оборотного плуга з регульованою шириною захвату та його налаштування в горизонтальній площині з позиції його рівноваги за відомих параметрів трактора і плуга, а також запровадження при цьому алгоритмів цього процесу є вкрай актуальним завданням.

Метою дипломної роботи є підвищення ефективності використання навісних оборотних плугів з регульованою шириною захвата шляхом розроблення системи їх раціонального агрегування та використання.

1 АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ, ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ, АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Перспективи використання оборотних плугів з регульованою шириною захвата

Останнім часом певної популярності у сільгоспвиробників набув оборотний плуг, головна перевага якого полягає у проведенні оранки без згінних та розгінних борозен. Оборотний плуг конструктивно має два комплекти корпусів (право- і лівообертальні) на одній рамі, які можуть повертатися на 180° . Разом з цим більшість таких сучасних плугів містять системи регулювання ширини захвату (приклади плугів на рис. 1.1-1.5) [1].



Призначення і технічний опис

Плуг чотирикорпусний обертовий навісний призначений для гладкої оранки ґрунту (під зернові та технічні культури, на глибину до 30 см), не засміченого камінням, плитняком та іншими перепонами, з питомим опором до 0,09 МПа і твердістю до 3,5 МПа.

Плуг агрегується з тракторами Т-150К, ХТЗ-17021.

Технічна характеристика

Продуктивність за 1 годину основного часу, га/год	0,98-1,8
Ширина захвату, м	1,4-1,8
Ширина захвату корпуса, см	35-45
Глибина оранки, см	18-30
Маса плуга, кг	1310

Рис. 1.1 – Плуг ПО-4-40 з регульованою шириною захвату виробництва ВАТ «Одессільмаш» [1]

Вага оборотного плуга в 1,3 - 1,6 разів вище, ніж звичайного [1]. У той же час гладка оранка сприяє швидкому вирівнюванню полів, оскільки не залишає на поверхні поля огріхів, що має місце при звичайній оранці [2]. Плуг обертає

тракторист-машиніст із кабіни трактора за допомогою гідросистеми. Глибина ходу корпусів регулюється за допомогою гвинтового механізму опорного колеса. Якщо опорне колесо оборотного плуга встановлено в задній частині рами, то для забезпечення потрібного копіювання плугом поверхні поля під час основної обробки ґрунту в напрямку руху агрегату передню частину рами плуга втримують від надмірного заглиблення за допомогою встановленої на трактор системи позиційного (силового або комбінованого) регулювання положення навісного механізму трактора. Якщо такої системи на тракторі нема, то передню частину рами плуга втримують у робочому положенні за допомогою пристрою, який встановлюють на навісному механізмі трактора.



Призначення і технічний опис

Плуг оборотний навісний ПНО-4+ "Велес" призначений для оранки усіх видів ґрунтів.

Рама. Зварна, просторової конструкції, виготовлена з основного позадвохнього та поперечного брусів, які зварені між собою за допомогою косинок. До основного бруса рами приварено п'ять тримачів кріплення стійок корпусів.

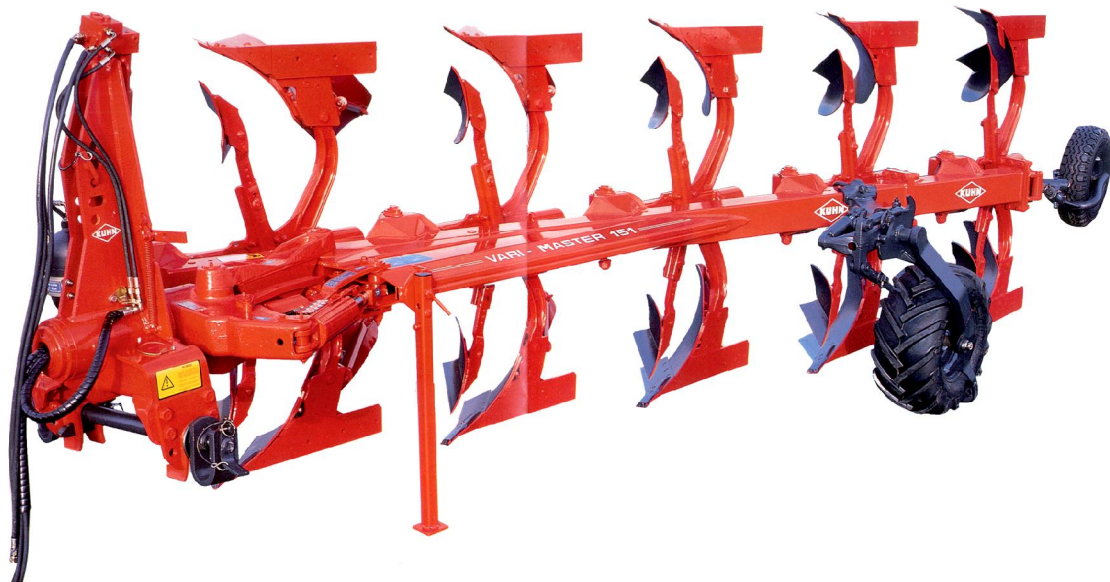
Причіпний пристрій є башта – зварний вузол з балки та пластин. До бокових пластин приварені кронштейни для закріплення вала навіски. Верхні паралельні пластини мають отвір для приєднання центрального гвинта енергозасобу.

Корпус. Плуг має чотири пари корпусів. До стійок корпусів, за допомогою болтових з'єднань закріплений штампово-зварний башмак. До башмака за допомогою болтових з'єднань закріплено леміш з долотом, гаудини полиці, полиці, боксовина з польозою дошкою, кутознімі. Полиця – напівгвинтового типу.

Механізми регулювання:

- глибини оранки – за допомогою опорно-копіювального колеса з регульовальним гвинтом;
- ширини захвату корпусів – виконується механічно на три положення: 36 см, 42 см та 48 см;
- ширини захвату гершого корпусів за допомогою гвинта пересувної рамки;
- осі тяги агрегату – за допомогою бокового циліндра.

Рис. 1.2 – Плуг оборотний ПНО 4+1 «Велес» [1]



Призначення і технічний опис

Призначений для виконання гладкої оранки без звальних гребенів та розвальних борозен під посів зернових та технічних культур

Плуг складається з: рами; механізму для приєднання плуга до трактора й обертання рами; робочих органів; опорного колеса; транспортного колеса.

Рама виготовлена з труби квадратного перерізу, підсилена привареною трикутною секцією. Частина рами з однією парою корпусів за необхідності може від'єднуватись.

Механізм для приєднання плуга до трактора й обертання рами складається із причіпної осі, що вставляється в нижні тяги навісної системи трактора, кронштейнів із спеціальними гніздами для фіксації причіпної осі, а також поперечної балки та стояка (башти) у верхній частині якої кріпиться центральна гвинтова тяга навіски трактора. У середній частині поперечної балки розміщена втулка, в якій монтується вал з системою механізмів, що забезпечують обертання рами плуга з корпусами відносно їх поздовжньої осі. Обертання рами плуга здійснюється за допомогою гідроциліндра, який однією стороною приєднаний до верхньої частини башти, а другою до важеля, закріпленого на рамі. Плуг повертається з кабіни трактора за допомогою гідросистеми.

Плуг має безступінчасте регулювання ширини захвату плуга, а також оснащений гідро-запобіжниками NSH.

Робочими органами плуга є корпус, передплужник і дисковий ніж.

Корпус складається з лемеша, полиці і польової дошки. Всі ці деталі прикріплені до башмака, а башмак – до стійки.

Передплужник. Всі передплужники (ліві і праві) мають повністю незалежне кріплення, регулюються в трьох напрямках: по довжині висоті і в бік.

Дисковий ніж. Диск діаметром 500 мм з гладким або зубчастим лезом.

Опорне колесо на шарнірі з амортизатором підтримує плуг у робочому положенні, забезпечуючи стійкість його ходу. Амортизатор пом'якшує удар і сприяє правильності досягнення положення колеса під час обертуту плуга.

Транспортне колесо. Закріплене на підвісці, в задній частині рами.

Технічна характеристика

Кількість корпусів	3-5
Максимальна потужність на корпус, кВт/к.с.	26/35
Ширина захвату (регулюється плавно), см:	
- при відстані між корпусами 90 см	30-45
- при відстані між корпусами 102 см	30-50
Висота під рамою, см	80
Переріз рами, мм	150x150
Маса, кг	1400-2220

Рис. 1.3 – Навісний плуг VARI-MASTER 151, виробництва Франції [1]



Призначення і технічний опис

Призначений для виконання гладкої оранки без звальних гребенів та розвальних борозен під посів зернових та технічних культур. Складається з: рами; механізму для приєднання плуга до трактора; механізму обертання рами; робочих органів; опорних коліс; транспортної підвіски.

Рама складається з двох окремих рам – передньої і задньої, які виготовлені з труб квадратного перерізу. Для жорсткості конструкції передня рама підсилена поперечною і поздовжньою балками. В конструкції рам передбачено вставки, завдяки яким можливе присіднання або від'єднання додаткових пар корпусів.

Механізм для приєднання плуга до трактора шарнірно з'єднаний з поздовжньою балкою передньої рами і складається із причіпної осі, що вставляється в нижні тяги навісної системи трактора, кронштейнів із спеціальними гніздами для фіксації причіпної осі, а також поперечної балки та стояка (башти), у верхній частині якої кріпиться центральна гвинтова тяга навіски трактора, а в задній – шарнір для приєднання з поздовжньою балкою передньої рами.

Механізм обертання рами виконано на основі гідроциліндрів. Плуг повертається з кабіни трактора за допомогою гідросистеми.

Робочими органами плуга є корпус, передплужник і дисковий ніж.

Корпус складається з лемеша, полиці і польової дошки. Всі ці деталі прикріплені до башмака, а башмак – до стійки.

Передплужники мають повністю незалежне кріплення, регулюються в трьох напрямках: по довжині, висоті і в бік.

Дисковий ніж – діаметром 600 мм з гладким або зубчастим лезом.

Опорні колеса. Заднє опорне колесо розміщене в кінці плуга на шарнірі з амортизатором, підтримує плуг у робочому положенні, забезпечуючи стійкість його ходу. Зміною положення колеса по висоті регулюють глибину оранки.

Транспортна підвіска складається з двох коліс, до неї кріпиться задня частина передньої рами і задня рама, забезпечені амортизаторами, які захищають раму плуга від можливих ударів під час транспортування.

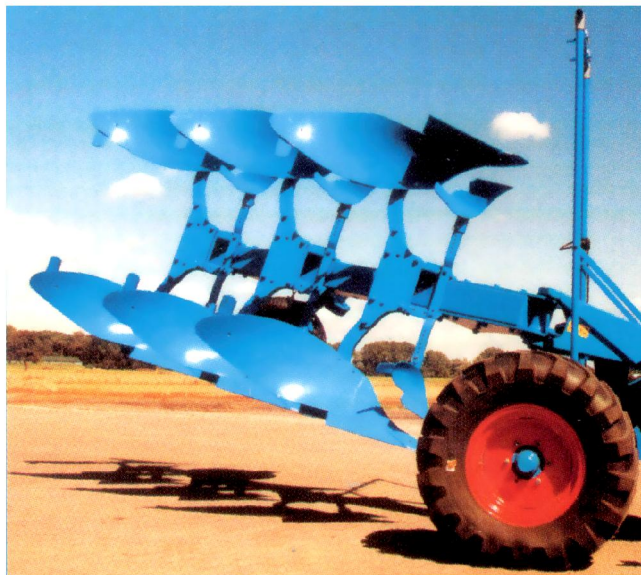
Плуг має ступінчасте регулювання ширини захвату, а також оснащений болтовими запобіжниками.

Регулювання ширини захвату ступінчасте виконується зняттям болта фіксації і відведенням стійки корпусу на необхідну ширину з подальшою болтовою фіксацією.

Технічна характеристика

Кількість корпусів	Від 7 до 12
Максимальна потужність на корпус, кВт/к.с.	27/42
Максимальна потужність трактора, кВт/к.с.	180/424
Ширина захвату, см	30, 40 і 45
Висота під рамою, см	80
Відстань між корпусами, см	102
Переїз рами, мм	220x220
Маса, кг	3760-5220

Рис. 1.4 – Навісний плуг CHALLENGER T, виробництва Франції [1]



Призначення і технічний опис

Плуг обертовий, призначений для виконання гладкої оранки без звальних гребенів та розвальних борозен під посів зернових та технічних культур.

Плуг складається з рами, механізму для приєднання плуга до трактора й обертання рами, робочих органів, опорного колеса, транспортних коліс.

Рама виготовлена з легованої сталі прямокутного профілю з дрібнозернистою структурою металу і товщиною стінки 10 мм. Така конструкція забезпечує високу міцність і довготривалий строк служби.

Механізм для приєднання плуга до трактора й обертання рами складається з вала і поворотної осі башти плуга. Вал виготовлений із пружинної сталі і здатен гасити значні ударні навантаження. Це забезпечує надійний захист від поломки трактора і башти плуга. Поворотна вісь башти плуга виготовлена із легованої сталі. Вісь опирається на конічні роликові підшипники, легкодоступні для змащування. Обертання рами плуга на 180° здійснюється двома телескопічними циліндрами, які одним кінцем поєднані до верхньої частини башти, а другим – до важеля, закріпленого на рамі. Плуг повертається з кабіни трактора за допомогою гідросистеми.

Робочими органами плуга є корпус, передплужник і дисковий ніж.

Корпус складається з лемеша, полиці і польової дошки. Всі ці деталі прикріплені до башмака, а башмак – до стійки.

Передплужник. Спеціальні передплужники різних типів: D1, M3, і M2 забезпечують чисту поверхню поля після оранки, навіть за наявності великої кількості органічних залишків. Глибина обробки встановлюється за допомогою стопорного кільця.

Дисковий ніж. Гладенький дисковий ніж діаметром 500 мм має випуклі канавки радіального напрямлення для легкого обертання за наявності на поверхні поля великої кількості рослинних залишків. Встановлення робочої глибини виконується зубчастою парою, а потім фіксується стопорним гвинтом. Підшипниковий вузол дискового ножа не виступає в сторону оранки, а сам підшипник має подвійний захист від забруднення.

Опорне колесо на шарнірі з амортизатором підтримує плуг у робочому положенні, забезпечуючи стійкість його ходу.

Технічна характеристика

Кількість корпусів	12
Максимальна потужність на корпус, кВт/к.с.	283/385
Ширина захвату (регулюється плавно), см	363-550
Відстань між корпусами, см	100
Висота рами, см	80
Маса, кг	5027

Рис. 1.5 – Навісний плуг LEMKEN, виробництва Німеччини [1]

Проведений нами огляд і аналіз сучасних плугів дозволяє зробити висновок, що широка номенклатура ґрунтообробних знарядь, представлених на ринку як України, так і світу, дозволяє виявити ряд важливих світових тенденцій і перспектив розвитку сільськогосподарської техніки для оранки.

Прийняті в цей час технології вирощування сільськогосподарських культур, засновані на багатократних проходах важких машинно-тракторних агрегатів, приводить до того, що спостерігається тенденція до погіршення стану ґрунтів, зокрема, розпилення верхнього і ущільнення нижнього шарів [8]. Внаслідок цього

розширюються зони вітрової, водної та механічної ерозії, знижується ефективність внесених добрив і врожайність культур. Тому, сучасні тенденції розвитку ґрунтообробних машин визначаються головним чином екологічними вимогами щодо захисту ґрунту від надмірного техногенного навантаження.

В останні роки у всіх розвинених країнах світу проводяться інтенсивні пошуки нових технологічних прийомів обробки ґрунту, спрямовані на захист її від ерозійних процесів, збереження і підвищення родючості ґрунту, а також на скорочення трудових, грошових і енергетичних витрат. Апробовано і широко впроваджуються різні прийоми мінімальної обробки ґрунту та часткової заміни полицевої оранки безполицевим розпушуванням.

Іншим важливим фактором, що визначає розвиток ґрунтообробної техніки, є ріст енергооснащеності сільського господарства, у тому числі шляхом збільшення одиничної потужності тракторів [3, 9, 10].

Раціональна реалізація підвищеної потужності енергонасичених тракторів на сучасному етапі здійснюється шляхом створення широкозахватних машин [4].

Незважаючи на появу нових технологій обробки ґрунту (безполицева, мінімальна, та ін.), відвальна оранка як і раніше залишається актуальною і важливою операцією, тому що вона забезпечує якісну підготовку ґрунту під посів і посадку сільськогосподарських структур у найрізноманітніших фонах і типах ґрунтів [5]. В останні роки з метою захисту навколишнього середовища від забруднення хімікатами намітилася тенденція до скорочення застосування хімічних засобів для боротьби зі шкідниками і бур'янистими рослинами. Відвальні плуги є незамінними знаряддями, здатними глибоко заробляти пожнивні рештки, що сприяє знищенню бур'янів, личинок шкідників і хвороб с.-г. культур без застосування гербіцидів, тому перехід на безгербіцидну технологію оброблення сільськогосподарських культур неможливий без застосування відвально-лемішних робочих органів.

Методи відвальної оранки безупинно вдосконалюються (гладка, мілка, з ґрунтозаглиблювачем), незмінним залишається тільки принцип роботи плужного корпусу - відвалювання і оберт шару у відкриту сусідню борозну. З агрономічної точки зору переміщення верхнього більше родючого, але безструктурного шару на місце нижнього створює сприятливі умови для росту і розвитку сільськогосподарських рослин.

У той же час відвально-лемішні плуги не позбавлені ряду серйозних технологічних і конструктивних недоліків: висока енергоємність (до 50-80 кВт/м) і мала продуктивність, ущільнення дно борозни, недостатнє кришення ґрунту, незадовільна гребенистість поверхні ріллі [6]. Через кутове розташування корпусів плуги мають великі габарити і підвищену металоємність (до 1500 кг/м).

Під раціональним агрегуванням трактора з плугом будемо розуміти таке, яке за якомога меншому тяговому опорі дозволяє отримати максимальну продуктивність роботи [12]. Величина останньої, як відомо, визначена шириною захвату плуга та швидкістю його руху.

Закордонні фірми випускають широку номенклатуру напівначіпних і начіпних плугів до тракторів сільськогосподарського призначення потужністю від 30 до 250 кВт. Характерною рисою плугів, які сьогодні випускаються, є те, що всі фірми виготовляють їх із широкою уніфікацією комплектуючих вузлів та деталей і відрізняються тільки числом корпусів (від 2 до 10-14). Практично всі фірми з виробництва плугів, за рідкісним винятком, виготовляють їх оборотними, які призначені для гладкої оранки [13].

Загальними рисами майже всіх сучасних моделей плугів є можливість зміни їх ширини захвата та секційна конструкція рами, що надає можливість при необхідності виключати від 1 до 3-х корпусів. Виключення корпусів дозволяє ступінчато регулювати ширину захвата плуга і досягати раціонального завантаження трактора при роботі в різних ґрунтових умовах. Напівначіпні плуги випускаються із числом корпусів від 5 до 14 і шириною захвата від 175 до 700 см. Їх середня питома маса коливається від 1000 до 1500 кг на 1 м ширини захвата. Відстань між корпусами і висотою рами сучасних напівначіпних плугів дорівнює 100-102 і 80-90 см відповідно, тобто ці параметри за останні 5-10 років залишилися незмінними [6, 14].

Напівначіпні плуги із числом корпусів до 8 приєднуються до трактора через начіпний пристрій, мають цельнобрусну раму і одне опорне колесо, яке служить для установки глибини обробітку, а також у якості опорного при транспортуванні. Це колесо, як правило, розташовано позаду плуга, і для скорочення радіуса повороту воно повертається виносним гідроциліндром. Типовим представником таких напівначіпних плугів може служити 8-корпусний плуг фірми Overum Bruk моделі

DTL8108H-XL. Поворот опорного колеса здійснюється гідроциліндром залежно від кута повороту переднього бруса навіски [1].

Аналогічну систему опорного колеса мають 5-8 корпусні плуги фірми Rabewerk. Відмінність полягає в тому, що польове опорне колесо регулюється лише по висоті, а в горизонтальній площині воно із за допомогою вертикального шарніра.

Напівначіпні плуги із числом корпусів більше 8 мають, як правило, шарнірну раму, що забезпечує краще копіювання рельєфу поля в поздовжньому і поперечному напрямках при більшій довжині плуга.

У деяких моделях багатокорпусних напівначіпних плугів установлюється додаткове переднє колесо для запобігання завалювання передньої частини рами плуга вправо. Положення всіх опорних коліс регулюється по висоті, при цьому забезпечується зміна глибини оранки. Крім того, переднє і заднє опорне колесо є самоустановлювальними, що дозволяє працювати на криволінійних ділянках.

При застосуванні багатокорпусних плугів із шарнірною рамою, крім копіювання рельєфу поля, необхідно забезпечити синхронність заглиблення передньої і задньої секцій плуга, а також скоротити до безпечних розмірів поперечний габарит у транспортному положенні.

Перша проблема вирішується шляхом установки на плузі автоматичної системи електрогідравлічного керування послідовності заглиблення обох секцій плуга: спочатку передньої, а потім на тому ж місці - задньої.

Для скорочення поперечного габариту в передній частині плуга є гідроциліндр, який повертає основний брус рами щодо тягової спиці: плуг складається в горизонтальній площині і його поперечні габарити зменшується, наприклад, для 12-корпусного плуга з 6,45 до 4,2 м.

Завдяки керованому задньому колесу напівначіпні плуги мають високу маневреність, рухаючись на поворотах точно по сліду трактора. Механізм складається із двох гідроциліндрів, один із яких здійснює підйом і опускання колеса, а також регулює глибину оранки, а інший - управляє поворотом колеса.

Застосування такої системи керування заднім колесом дозволяє досягти маневреності орного агрегату з напівначіпним плугом практично такої ж, як і з начіпним плугом.

Багатокорпусні напівначіпні плуги (понад 8 корпусів) у транспортному положенні опираються на двоколісний візок, розташований приблизно посередині

плуга, у результаті плуг перетворюється в одноосьовий причіп, що забезпечує йому високу маневреність.

Встановлено, що для раціонального використання потужності трактора на різних ґрунтах і забезпечення якісної оранки ширину захвата кожного корпусу доцільно регулювати в межах від 30 до 55 см при номінальній ширині захвата корпусу 40 см. При більшому діапазоні зміни ширини захвата корпусу можуть виникати огріхи - недорізи шару ґрунту і погіршення якості оберту шарів.

Вищезазначене свідчить про те, що до основних тенденцій вдосконалення конструкцій плугів можна віднести можливість регулювання їх ширини захвата корпусів. З аналізу характеристик плугів попередньої лекції випливає, що різні заводи-виробники виробляють конструкції плугів з регульованою шириною захвата, яка змінюється, як правило в діапазоні 35-45 см, рідко коли цей діапазон – 30-50 см.

Практично всі сучасні моделі напівначіпних плугів мають регульовану ширину захвата. Західноєвропейські фірми випускають плуги із гідрофіцированим регулюванням ширини захвата корпусів шляхом зміни кута між тяговим і основним брусом плуга з одночасним поворотом кожного корпусу на певний кут.

Ширина захвата плуга змінюється для підтримки в оптимальному діапазоні його тягового опору і забезпечує раціональне завантаження трактора. Регулювання ширини захвата плуга особливо доцільно при зміні умов оранки (ухил місцевості, перехід на оранку з легкого ґрунту на важкий та навпаки і т.п.). Для економії часу регулювання ширини захвата виконується на поворотній смузї в момент розвороту орного агрегату. Безступінчаста зміна ширини захвата за допомогою гідросистеми трактора найбільш повно відповідає зазначеним вимогам.

Сучасні орні агрегати оснащуються датчиками тяги або буксування ведучих коліс трактора, тому тракторист може вчасно здійснити необхідне регулювання ширини захвата плуга. Ширина захвата може змінюватися також при об'їзді трактором на поле стовпа, дерева, стога соломи і т.п.

Оборот працюючих корпусів плуга у напівначіпних плугах здійснюється за допомогою гідроважільного механізму. У малокорпусних плугах (до 8 корпусів) гідроциліндр двосторонньої дії розміщений у вертикальній площині, у багатокорпусних плугах (більше 8 корпусів) обертаючий гідроциліндр, як правило, розміщується в горизонтальній площині.

Оригінальний механізм оберту мають плуги серії SPHR фірми Gregoire-Besson (9-14 корпусів): гідроциліндр двосторонньої дії переміщує рейку, яка обертає шестерню, жорстко пов'язану з рамою плуга. Але для такого механізму потрібна велика потужність через менше співвідношення плечей, до яких прикладається зусилля штока поршня гідроциліндра.

Начіпні плуги випускаються, як правило, оборотними. Найпоширенішими є 3-7-корпусні. Таких плугів, за експертними оцінками, випускається більше 400 моделей. Їхня середня маса близько 900 кг на 1 м ширини захвата, а при наявності запобіжників корпусів автоматичної дії їхня маса досягає 1000-1200 кг/м. За шириною захвата корпусів і параметрам їхнього розміщення начіпні плуги аналогічні напівначіпним плугам.

Споживана потужність у перерахуванні на один плужний корпус становить у середньому близько 20 кВт при робочій швидкості 7 км/год і продуктивності близько 0,2 га/ч.

Начіпні плуги мають однобрусну раму з можливістю зняття при необхідності від 1 до 3 корпусів. Рама опирається на одне пневматичне колесо, регульоване по висоті вручну або за допомогою гідроциліндра. Більшість моделей начіпних плугів має регульовану ширину захвата. Зміна ширини захвата здійснюється бесступенчато, шляхом повороту основного бруса задля навішування і додаткового розвороту корпусів. Одночасно з поворотом бруса рами штанга, яка пов'язана із гряділями корпусів, робить їхній розворот навколо вертикальної осі. Діапазон зміни ширини захвата одного корпусу становить від 30 до 55 см. Для візуального спостереження трактористом з кабіни за установкою необхідної ширини захвата на плузі є показчик, який пов'язаний з механізмом повороту корпусів.

На деяких плугах ширина захвата регулюється тільки шляхом повороту основного бруса рами. Цей поворот може здійснюватися як вручну, так і за допомогою гідравліки. Такий принцип регулювання ширини захвата передбачений на деяких моделях плугів фірм Gregoire-Besson, Rabewerk, Case JH.

Зміна працюючих корпусів начіпних оборотних плугів здійснюється поворотним механізмом із застосуванням одного гідроциліндра подвійної дії, керованого трактористом з кабіни трактора.

В останніх моделях оборотних плугів на вказаному механізмі встановлюється пневмогідроаккумулятор або дросель для згладжування ударних навантажень у гідросистемі в момент закінчення оберту рами плуга.

Наведені дані свідчать про подальше вдосконалювання конструкцій відвально-лемішних плугів і прагнення фірм їх виробників до найбільш повного задоволення вимог споживачів. Фірми США і Канади випускають переважно напівначіпні та начіпні багатокорпусні плуги у виді їхньої більшої маневреності та меншої матеріалоемності в порівнянні із причіпними плугами, які раніше випускалися. Оборотні плуги в цих країнах менш поширені через порівняно більші розміри полів фермерських господарств, у яких ефективніше застосовувати широкозахватні плуги.

Фірми з виробництва плугів Західної Європи виробляють переважно оборотні начіпні та напівначіпні плуги із числом корпусів від 2 до 8. Багатокорпусні плуги застосовуються рідше. Найпоширеніші 3-4 корпусні начіпні плуги із середньою шириною захвата 1,05-1,4 м. Виробництво таких плугів становить майже 90% від загальної кількості плугів.

Простежується тенденція до вдосконалювання робочих і допоміжних органів плугів, включаючи плужні відвали, лемеші, дискові ножі, передплужники, запобіжні пристрої та ін.

Якість оранки та енерговитрати на неї визначаються, насамперед, правильним підбором для конкретних умов роботи плужних корпусів, тому всі фірми виробники плугів пропонують споживачеві широку номенклатуру (не менш 5-7 типорозмірів) плужних корпусів, які відрізняються розмірами, формою і типом відвальної поверхні. Як правило, в основний набір входять корпуса циліндроїдальної (культурної) форми, напівгвинтові (універсальні) і гвинтові. Широкий набір типорозмірів плужних корпусів дозволяє споживачам найбільше повно враховувати все різноманіття ґрунтових і експлуатаційних умов роботи. Корпуса із циліндричними відвалами забезпечують гарне кришення і перемішування ґрунту із добривами, але вони мають великий тяговий опір. Напівгвинтові відвали (універсального призначення (ge-neral-purpose) менше кришать ґрунт, але забезпечують гарний оберт шару, тому вони придатні для оранки різних ґрунтів, у тому числі зі значним трав'яним покривом. Гвинтовий корпус практично не кришить шар, але забезпечує його повний оберт для оранки сіяних трав, лугів, пасовищ, а також при закладенні спеціальних культур на "зелене" добриво.

В останні роки ряд західноєвропейських фірм рекомендують застосовувати так звані ромбічні корпуси типу Losange, які вперше були запропоновані фірмою Huard [7]. Сьогодні фірма Kuhn-Huard виробляє три типи таких корпусів: RL із циліндричним відвалом для оранки важких ґрунтів; RS також із циліндричним відвалом для оранки на глибину 15-25 см.; RH з гелікоїдальним (гвинтовим) відвалом. Корпуса Losange мають криволінійну форму обрізу борозни. Вони зорюють відкриту борозну, що ширше звичайної на 60%. Завдяки криволінійній формі борозни в неї добре вписується пневматична шина коліс трактора, при цьому не мнє раніше відвалений шар ґрунту. Як відомо, у традиційного корпусу плуга колесо трактора псує частину шару.

Ромбічні корпуси Losange мають наступні переваги [11]:

- менший тяговий опір плуга і, як наслідок, зниження на 20% витрати пального в результаті незначних втрат на тертя коліс трактора об стінку борозни і буксування;
- менше зминання шару ґрунту колесами трактора, які йдуть у борозні, завдяки раціональній формі поперечного переріза борозни;
- менша відстань між корпусами, що забезпечує скорочення вильоту центра мас плуга щодо трактора, що дозволяє знизити навантаження на гідросистему трактора;
- краще кришення і обертання шарів ґрунту, що дозволяє підвищити вирівняність ріллі і працювати із плугом на схилах до 25%.

Але при використанні корпусів Losange важко забезпечити стійкий хід плуга в горизонтальній площині через відсутність на корпусах польових дощок, тому на останньому корпусі плуга доводиться встановлювати пластинчастий ніж, що заглиблюється в дно борозни, на що непродуктивно витрачається енергія. Іншим удосконаленням плужного корпусу є застосування пластинчастих відвалів. Крило таких відвалів виконується з декількох пластин. Пластинчасті відвали застосовуються на важких, глинистих ґрунтах, які погано сковзають по відвалу і приводять до його злипання. При русі шару по пластинчастому відвалу підвищується питомий тиск, який приходить на одиницю площі поверхні відвала, і тим самим усувається злипання. Крім того, при зниженні загальної площі відвала зменшуються сили тертя, і скорочується тяговий опір до 20%.

Значне зниження тягового опору досягається при використанні відвалів із пластмасовим покриттям (до 30%). Такі відвали пропонує фірма Overum Bruk.

Однак пластмасові відвали з поліетилену низького тиску мають низький термін служби через швидке зношування, тому вони не одержали поки широкого поширення.

Дискові ножі, як правило, установлюються перед останнім корпусом плуга. Для поліпшення якості оранки (підвищення ступеню кришення ґрунту і вирівнювання поверхні поля) їх оснащують додатковими пристосуваннями: зубовими або ротаційними боронами, вирівнювачами. Найбільшого поширення одержали різного роду котки: кільчато-шпорові, спіральні і т.п. Діаметр котків від 700 до 900 мм при питомій масі від 300 до 1000 кг/м.

Деякі фірми оснащують плужні корпуси пристосуваннями для додаткової обробки ґрунту. Наприклад, на плугах фірми Kverneland до кожного корпусу кріпляться позаду сферичні вирізні диски для додаткового кришення верхнього шару ґрунту на глибину до 6- 8 см. На деяких плугах фінської фірми Fiskars до кожного корпусу кріпиться підпружинена металева гребінка під кутом до напрямку руху плуга, що кришить брили ґрунту і вирівнює поверхню ріллі.

Для збільшення глибини орного шару, а також знищення "плужної підшви" плуги забезпечуються різного типу ґрунтозаглиблювачами. Останні кріпляться позаду корпусу і можуть бути виконані у вигляді стрілкової лапи, лемеша або розрихлювального зуба.

При роботі плуга з колісними тракторами коли праві колеса останніх йдуть у відкритій борозні після попереднього проходу, в силу чого при недостатній ширині борозни частина зораних раніше шарів мнеться під колесами трактора. Для усунення явища зминання шарів використовуються, як відзначалося вище, ромбовидні корпуси Losange. Але при використанні звичайного типу корпусів ця проблема зберігається. Для рішення даної проблеми фірма Rabewerk запропонувала оранку із залишенням за останнім корпусом напівборозни. Для чого за останнім корпусом установлюється ліворіжучий леміш на глибину, рівної половині основної глибини оранки. Шар, підрізаний цим лемешем, зіштовхується вертикальною пластиною, установлені під кутом до напрямку руху, у відкриту борозну. У широку напівборозну, яка утворилася повністю вписуються широкі тракторні колеса, без можливого зминання раніше залишених шарів. Напівборозна заорюється звичайним корпусом при наступному проході плуга.

Переваги використання плуга із змінною шириною захвата:

- раціональне використання потужності трактора на різних ґрунтах і забезпечення якісної оранки (адаптація до доступних тягових зусиль);
- економія часу і зниження витрати палива;
- більша робоча швидкість на крутих ухилах;
- можливість обробки ґрунту із великою кількістю поживних залишків;
- точна обробка по контуру поля;
- об'їзд перешкод і оранка засмічених полів.

1.2 Проблема забезпечення стійкості руху навісного плуга з регульованою шириною захвату в горизонтальній площині

В умовах 5-го відділення агропромислової компанії «Укрлендфармінг» Каховського району Херсонської області добре опрацьовані та набули широкого використання плуги Kverneland, які агрегатуються з тракторами John Deere 8310.

Пояснимо згадану проблему на прикладі системи Vari-Width Kverneland – це запатентована по всьому світу система механічного або гідравлічного регулювання ширини борозни (рис. 1.6). Система дозволяє оптимально підібрати трактор, сільськогосподарське знаряддя з урахуванням ґрунтових умов (тягового опору). Використовуючи систему Vari-Width можна проводити швидку і якісну оранку з більшою продуктивністю і найменшими витратами. Необмежена можливість регулювання ширини захвату від 30 до 50 см в залежності від моделі. Система, яка змінила мислення людини. Протягом багатьох років система Vari-Width Kverneland залишається лідером ринку. Досвід фермерів і проведені в декількох міжнародних дослідницьких інститутах випробування показують, що ця система назавжди змінила уявлення про техніку оранки. Концепція Vari-Width заснована на отриманні максимальної продуктивності. Оскільки ширина оранки може постійно регулюватися «на ходу» і за бажанням (гідравлічна версія), повна потужність і сила тяги трактора можуть бути використані в будь-який час з урахуванням мінливих ґрунтових умов і складного рельєфу місцевості. При цьому досягається підвищення продуктивності більш ніж на 30%. Система Vari-Width Kverneland крім економії витрат і підвищення продуктивності, показує, що оранка може бач виконана ефективно і легко. З точки зору продуктивності, можливість зміни ширини оранки дає більшу перевагу. Зі збільшенням ширини борозни від 35 до 43 см (14"-18"),

загальна ширина оранки збільшується на вражаючі 30% [16]. З точки зору витрат пального, споживання дизельного палива в порівнянні з підвищенням продуктивності знижується на цілих 18%.

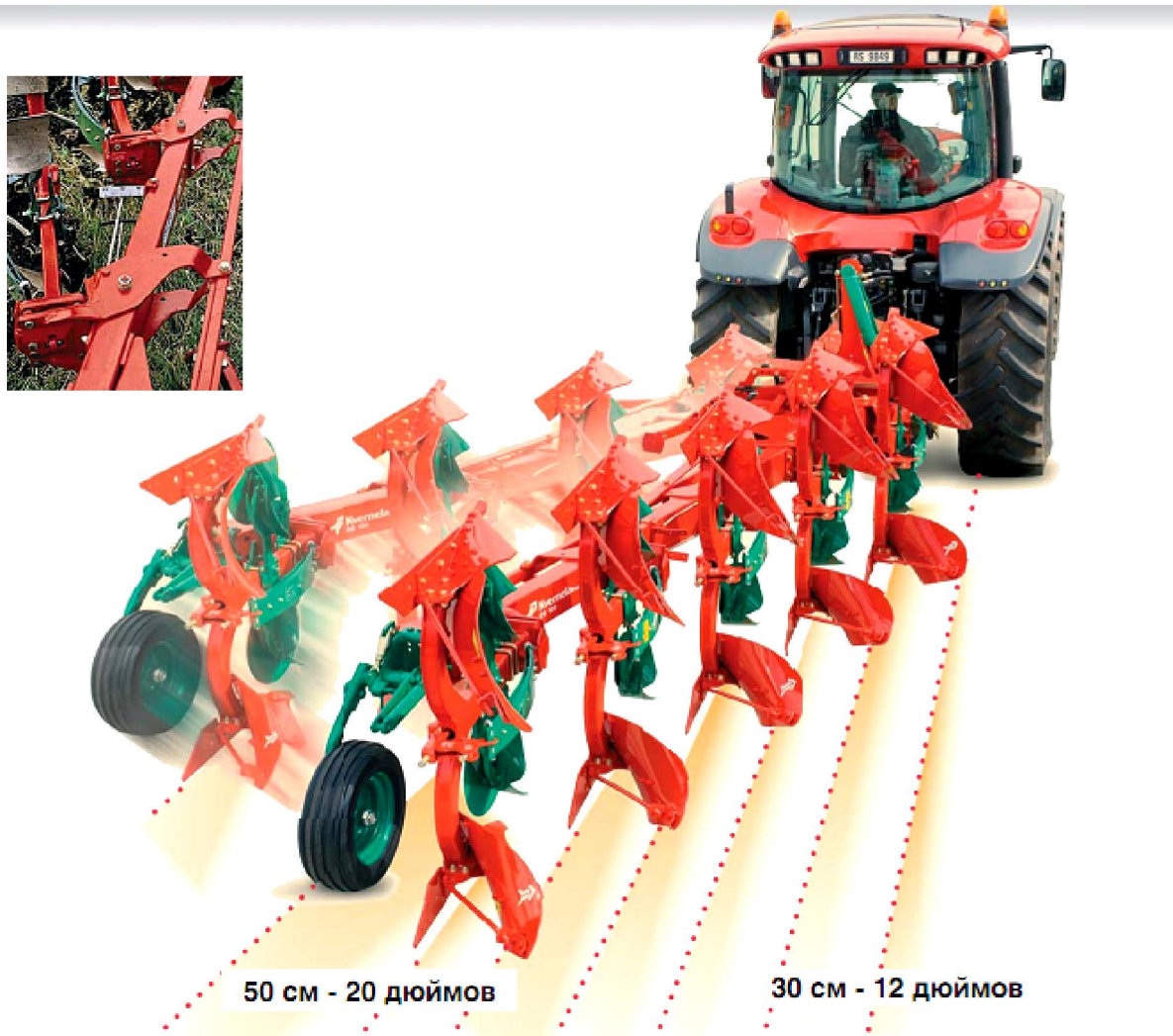


Рис. 1.6 – Система Vari-Width Kverneland механічного або гідравлічного регулювання ширини захвату орного МТА

Проблема рівноваги такого плуга (див. рис. 1.6) з регульованою шириною захвату в горизонтальній площині полягає у наступному. Нанесемо на горизонтальну проекцію схеми плуга в горизонтальній площині (рис. 1.7) такі сили: складову R_{xy} реакції ґрунту, що діє на робочі поверхні корпусів; проекцію R_{kx} реакції збоку опорного колеса; реакцію R_{σ} стінок борозен на польові дошки; складову F_{xy} сили тяги. Силу R_{xy} прикладають під кутом 25...35° до поздовжньої осі агрегату (x) в середину ширини захвату плуга. Силу F_{xy} визначають з багатокутника сил в поздовжньо-вертикальній площині. Реакція R_{σ} відхилена на кут тертя від поперечної осі агрегату (y).

Приклад побудови багатокутника сил, що діють на плуг, в горизонтальній площині наведений на рис. 1.7.

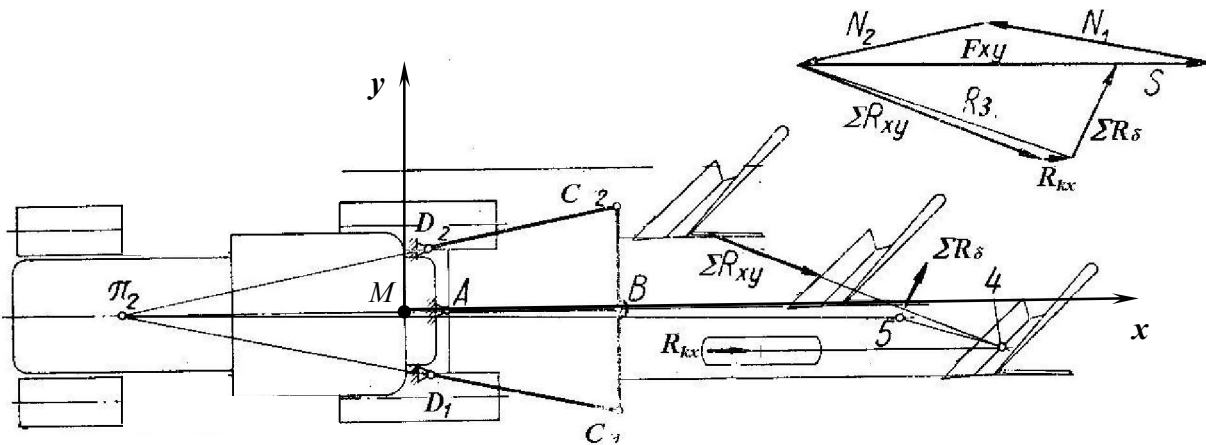


Рис. 1.7 – Схема сил, які діють на плуг в складі орного МТА в горизонтальній площині

Стійкість ходу орного агрегату в горизонтальній площині залежить від положення лінії R_{xy} щодо сліду π миттєвої осі повороту (див. рис. 1.7) [12]. Зі збільшенням нахилу лінії тяги вправо відносно точки π сила R_{xy} і реакція R_b на польові дошки зменшуються, а з нахилом вліво – збільшуються. Але значне зменшення реакції R_b може порушити стійкий хід плуга, особливо при неоднаковому по довжині гону питомого опору ґрунту.

Нахил лінії тяги відносно полюса π як вправо, так і вліво погіршує керованість трактора і підвищує енерговитрати на процес оранки. Виходячи з цього вважають, що лінія тяги повинна проходити через полюс π , а лінія її дії – збігатися з віссю симетрії трактора (див. рис. 1.7). Поряд з цим має витримуватися відстань 15...20 см від стінки борозни до зовнішнього краю правої гусениці або правого заднього колеса тракторів, якщо колеса (гусениці) останніх рухаються не в борозні.

Далі розглянемо які процеси відбуваються внаслідок змінювання ширини захвату плуга. Задля цього спочатку ширину передньої борозни встановлюють за допомогою зовнішнього шпинделя (на рис. 1.8 шпиндель зображений жовтим кольором).

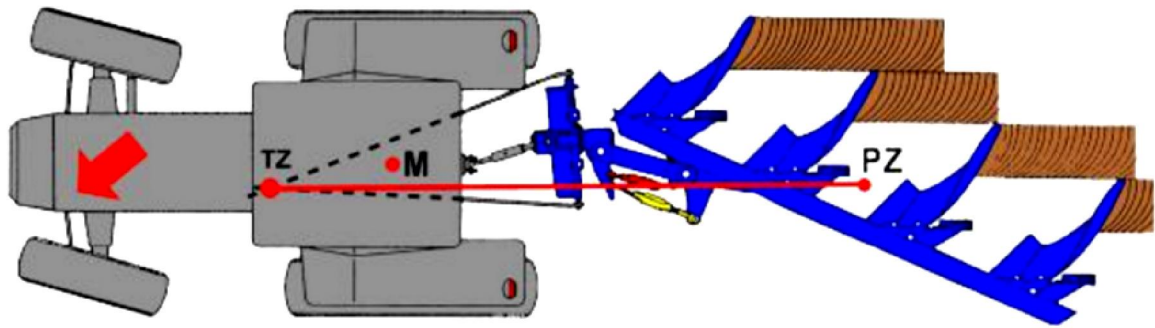


Рис. 1.8 – Схема орного МТА, де здійснюється регулювання ширини передньої борозни шляхом змінювання довжини жовтого шпинделя: TZ – миттєвий центр обертання навісного пристрою трактора в горизонтальній площині; PZ – центр опору плуга; M – кінематичний центр агрегату

Без додаткових регулювань плуга на рис. 1.8 трактор буде відхиляти при русі в бік, тому що уявна лінія тяги між трактором і плугом (зв'язок між точками TZ і PZ) не перетинає задню вісь трактора в середині (M).

Задля уникнення такої проблеми бічне відхилення трактора усувається за допомогою внутрішнього шпинделя (на рис. 1.9 внутрішній шпиндель зображений червоний кольором).

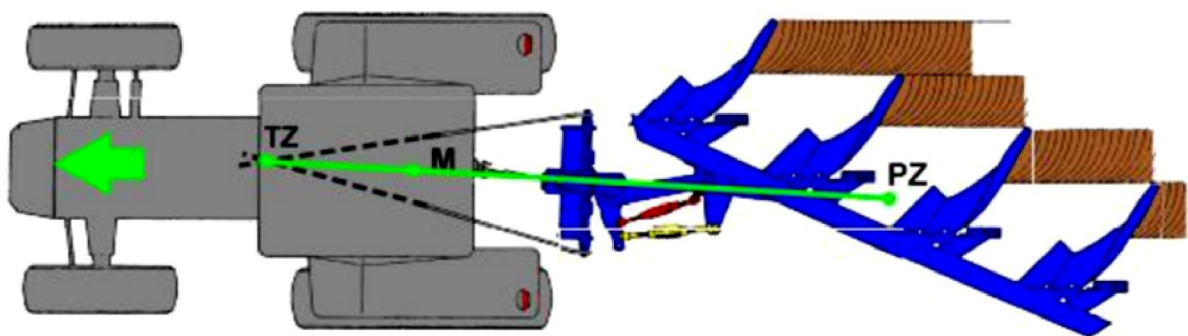


Рис. 1.9 – Схема орного МТА, де здійснюється стабілізація стійкого руху орного МТА в горизонтальній площині шляхом регулювання довжини червоного внутрішнього шпинделя

Тепер лінія тяги між трактором і плугом оптимальна, через те, що уявна лінія тяги (TZ) і (PZ) між трактором і плугом перетинається із задньою віссю трактора в середині (M).

Бічне відхилення трактора при русі агрегату повністю усунуто, як це зображено на рис. 1.10. При цьому коригування бічної тяги не вплинуло на ширину передньої борозни.

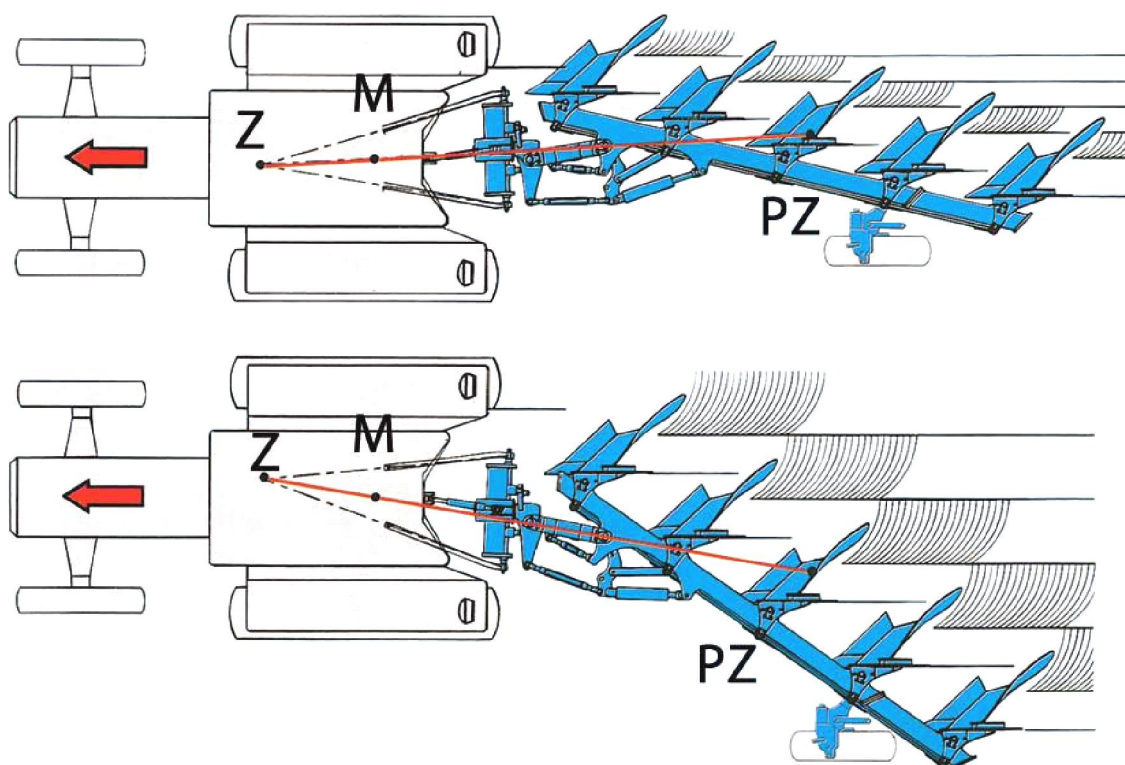


Рис. 1.10 – Схема повністю відрегульованого орного МТА, за яким відбуватиметься його стійкий рух, у варіантах змінювання ширини захвату

Проблема полягає в тому, що налаштування навісного механізму орного агрегату, зокрема корегування бокової тяги шляхом зміни довжини внутрішнього шпинделя навіски плуга, відбувається вручну. Через це складно в такий спосіб точно виставити уявну лінію (TZ) і (PZ) між трактором і плугом, особливо, якщо використовується в агрегаті трактор і плуг різних виробників. І в такому випадку природно відсутні інструкції з налаштування плуга в горизонтальній площині. Тому розроблення методики налаштування плуга в горизонтальній площині з позиції його рівноваги за відомих параметрів трактора і плуга, а також запровадження при цьому алгоритмів автоматизації цього процесу є вкрай актуальним завданням.

Висновки.

1. Переваги використання плуга із змінною шириною захвата:

- раціональне використання потужності трактора на різних ґрунтах і забезпечення якісної оранки (адаптація до доступних тягових зусиль);
- економія часу і зниження витрати палива;
- більша робоча швидкість на крутих ухилах;
- можливість обробки ґрунту із великою кількістю поживних залишків;

- точна обробка по контуру поля;
- об'їзд перешкод і оранка засмічених полів.

2. Проблема рівноваги плуга з регульованою шириною захвату в горизонтальній площині полягає у тому, що лінія тяги, яка з'єднує центр опору плуга з миттєвим центром обертання навісного механізму повинна проходити через полюс кінематичного центру агрегату, а лінія її дії – збігатися з віссю симетрії трактора. Але ж внаслідок змінювання ширини захвату плуга неминучий нахил лінії тяги відносно кінематичного полюса агрегату як вправо, так і вліво, що погіршує керованість трактора і підвищує енерговитрати на процес оранки.

3. Задля уникнення вказаної проблеми бічне відхилення трактора усувається за допомогою внутрішнього шпинделя навіски плуга. Проблема полягає в тому, що налаштування навісного механізму орного агрегату, зокрема корегування бокової тяги шляхом зміни довжини внутрішнього шпинделя навіски плуга, відбувається вручну. Через це складно в такий спосіб точно виставити уявну лінію тяги між трактором и плугом, особливо, якщо використовується в агрегаті трактор і плуг різних виробників. І в такому випадку природно відсутні інструкції з налаштування плуга в горизонтальній площині. Тому розроблення методики налаштування плуга в горизонтальній площині з позиції його рівноваги за відомих параметрів трактора і плуга, а також запровадження при цьому алгоритмів автоматизації цього процесу є вкрай актуальним завданням.

2 ОБҐРУНТУВАННЯ СИСТЕМИ РАЦІОНАЛЬНОГО АГРЕГАТУВАННЯ ОРНИХ АГРЕГАТІВ ІЗ РЕГУЛЬОВАНОЮ ШИРИНОЮ ЗАХВАТУ

2.1 Обґрунтування параметрів плуга з регульованою шириною захвату при відомих умов його використання

Функціонування сільськогосподарського орного агрегату (або технологічного процесу оранки) розглянемо як керовану систему, що має «вхід» та «вихід». У цьому випадку аналіз, синтез і оптимізація параметрів машини або її технологічного процесу здійснюються на основі зв'язків між вхідними та вихідними змінними. У якості вхідних змінних приймемо зовнішні збурювання (умови функціонування) і керуючі впливи (з боку водія або керуючих пристроїв). Вихідними змінними виступають параметри, які визначають агротехнічні, енергетичні, техніко-економічні та інші показники роботи агрегату. Такий підхід до побудови моделі функціонування сільськогосподарського агрегату (в нашому випадку - орного) дозволяє представити його у вигляді системи, що здійснює перетворення вхідних змінних у вихідні.

З огляду на вищесказане розглянемо таку систему (рис. 2.1), яка побудована агрегуванням трактора із плугом, ширина захвату і кількість корпусів якого регулюється (змінюється), з позиції максимального використання тягового зусилля трактора та способу агрегування плуга.

Відомо, що з позиції максимального використання номінального тягового зусилля трактора бажано, щоб ширина захвату плуга була як можна більшою. З іншого боку, при агрегуванні плуга з трактором, як правило, виникає необхідність у поперечному зміщенні плуга відносно осі симетрії енергетичного засобу [18]. І величина цього зміщення обмежена конструктивними особливостями навісного механізму енергетичного засобу і його власного зчіпного пристрою, тобто бугелів. В такому разі виникає питання – за яких оптимальних параметрів ширини захвата корпусів та їх кількості у плуга можна мати ефект раціонального агрегування орних МТА для певного ґрунтового середовища, конструктивних параметрів енергетичного засобу та режиму його роботи на оранці.

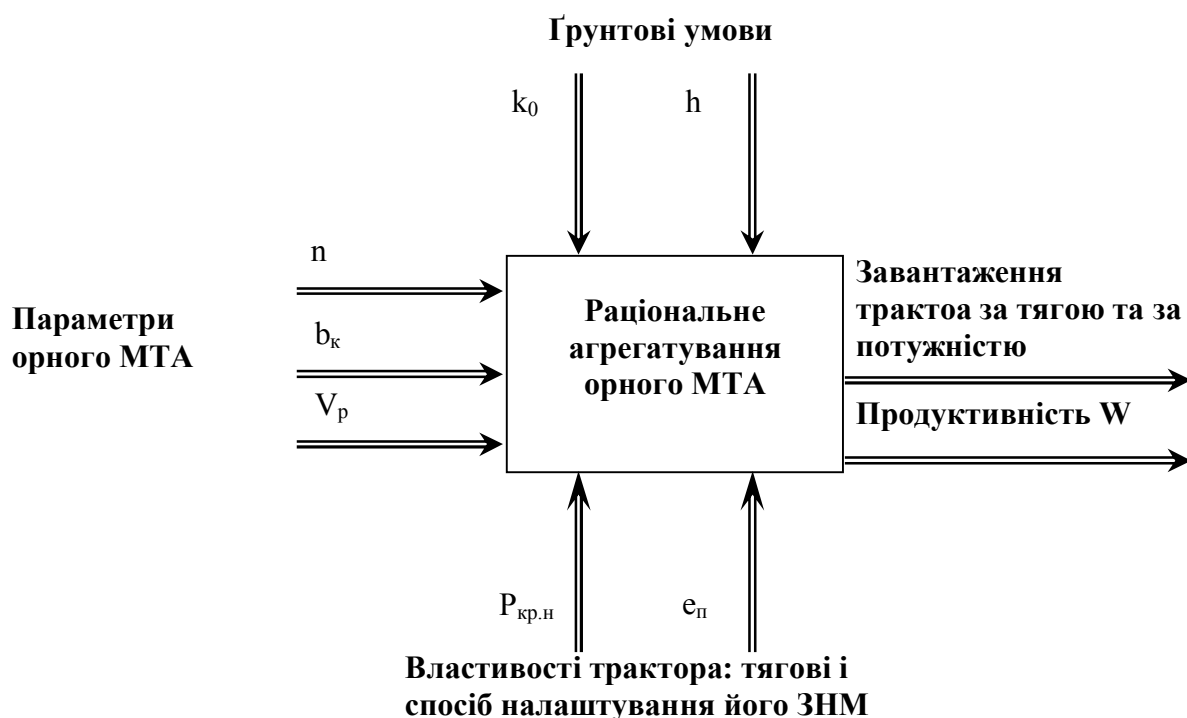


Рис. 2.1 – Функціональна схема раціонального агрегування орного МТА

Відомо, що тягове зусилля $P_{кр.т}$, яке розвиває трактор, повинно бути достатнім для подолання тягового опору агрегату $R_{пл}$ (в нашому випадку – орного агрегату) $P_{кр.т} \geq R_{пл}$, т.б.:

$$R_{пл} = P_{кр.т} = P_{кр.н} \cdot \xi_p, \quad (2.1)$$

де $P_{кр.н}$ – номінальне тягове зусилля, що розвиває трактор за умови достатнього зчеплення його рушіїв з ґрунтом, кН;

ξ_p – ступінь завантаження трактора за тягою (коефіцієнт використання номінального тягового зусилля) (табл. 2.1):

Таблиця 2.1 - Раціональні значення ступеня використання тягового зусилля ξ_p на оранці [9]

Умови оранки	Значення ξ_p
Оранка легких і середніх ґрунтів	0,9 - 0,94
Оранка важких ґрунтів	0,86 - 0,9
Оранка пересушених, ущільнених і кам'янистих ґрунтів	0,78 - 0,82

При сталому русі орного агрегату тяговий опір плуга, як відомо, розраховується:

$$R_{пл} = k_{пл} \cdot h \cdot b_k \cdot n, \quad (2.2)$$

де b_k – конструктивна ширина захвату корпусу плуга, м;

h – глибина оранки, м;

n – число корпусів плуга;

$k_{пл}$ – питомий тяговий опір плуга, Н/м²:

$$k = k_0 \left[1 + (V_p - V_0) \frac{\Delta c}{100} \right], \quad (2.3)$$

тут V_p – робоча швидкість руху орного агрегату, км/год;

V_0 – швидкість руху (еталонна) $V_0=5$ км/год;

Δc – темп зростання питомого тягового опору на оранці, % (табл. 2.2):

Таблиця 2.2 – Значення темпу зростання питомого тягового опору на оранці

[9]

Умови оранки	Δc , %
Оранка цілини, залежи, багаторічних трав, стерні озимих при $k_{пл} > 60$ кН/м ²	5-7
Оранка стерні озимих, кукурудзи, соняшника при $k_{пл} = 45-60$ кН/м ²	3-5
Оранка легких, піщаних та супіщаних ґрунтів при $k_{пл} < 45$ кН/м ²	2-3

k_0 - номінальний питомий тяговий опір плуга, кН/м² (табл. 2.3):

Таблиця 2.3 - Питомий тяговий опір плугів (k_0 , кН/м²) при швидкості

$V_0=5$ км/год в залежності від різновиду ґрунтів [9]

Ґрунти	Агрофон	Різновид ґрунтів				
		глинисті	суглинки			супісок
			важкі	середні	легкі	
Чорноземні	стерня озимих	68	49	35	25	25
	трави	86	57	45	31	31
	цілина	90	71	52	39	39
Дерново-підзолисті	стерня озимих	66	47	34	26	26
	трави	74	56	43	30	30
	цілина	92	71	50	40	40
Каштанові	стерня озимих	69	47	36	22	22
	цілина	98	68	55	29	29
Засолені	стерня озимих	-	82	73	65	65

Також відомо, що номінальне тягове зусилля $P_{кр}$ (кН), що розвиває трактор за умови достатнього зчеплення його рушіїв з ґрунтом, а саме, зчеплення повинно бути достатнім для того, щоб трактор міг розвивати задане номінальне тягове зусилля з буксуванням не більше за допустиме [10]:

$$P_{кр.н} = G_{тр} \cdot \phi_{кр.н}, \quad (2.4)$$

де $G_{тр}$ – експлуатаційна вага (без баласту) трактора, кН;

$\phi_{кр.н}$ – коефіцієнт використання ваги трактора при номінальному тяговому зусиллі, що обмежується максимально допустимим рівнем буксування (δ_{max}).

Після підстановки (2.2-2.4) в (2.1) і математичних перетворень маємо рівняння, яке дозволяє визначити добуток ширини корпусу плуга на число його корпусів:

$$b_k \cdot n = \frac{G_{тр} \cdot \varphi_{крн} \cdot \xi_p}{h \cdot k_0 \left[1 + (V_p - V_0) \frac{\Delta c}{100} \right]} \quad (2.5)$$

З позиції бажаного симетричного приєднання плуга до трактора необхідно щоб величина його поперечного зміщенням (e_n) дорівнювала нулю:

$$\begin{aligned} e_n &= [B_d + 2 \cdot A + b - b_k \cdot (n+1)]/2 = 0, \\ e'_n &= [B_d - b - b_k \cdot (n+1)]/2 = 0, \end{aligned} \quad (2.6)$$

де e_n і e'_n - поперечне зміщення плуга при переміщенні рушіїв його правого борту поза борозною і в борозні відповідно, м;

B_d - колія енергетичного засобу, м;

A – відстань від борозни до зовнішньої крайки рушія, м;

b – ширина рушія трактора, м.

З рівнянь (6.6) також можна визначити добуток ширини корпусу плуга на число його корпусів:

$b_k \cdot (n+1) = B_d + 2 \cdot A + b$, якщо трактор рухається поза борозною,

$b_k \cdot (n+1) = B_d - b$, якщо трактор рухається в борозні. (2.7)

Поєднавши залежності (2.5) та (2.7) в одну систему рівнянь маємо

$$\begin{cases} b_k \cdot n = \frac{G_{тр} \cdot \varphi_{крн} \cdot \xi_p}{h \cdot k_0 \left[1 + (V_p - V_0) \frac{\Delta c}{100} \right]}; \\ b_k \cdot (n+1) = B_d + 2 \cdot A + b, \text{ якщо трактор рухається поза борозною} \\ b_k \cdot (n+1) = B_d - b, \text{ якщо трактор рухається в борозні} \end{cases} \quad (2.8)$$

В якості прикладу, визначимо для трактора ХТЗ-150К необхідну кількість корпусів плуга n та ширину його корпусів b_k в залежності від питомого тягового опору k_0 за системою рівнянь (2.8). Вхідні параметри для розрахунку приймемо наступними: $G_{тр} = 78,5$ кН; $\varphi_{крн} = 0,42$; $B_d = 1,68$ м; $A = 0,1$ м; $b = 0,541$ м; $h = 0,22$ м; $V_p = 7,2$ км/год; $\Delta c = 4\%$; $\xi_p = 0,9$. Результати розрахунків представимо на рис. 2.2.

Аналіз рис. 2.2 свідчить про те, що кожній значині питомого тягового опору $k_{пл}$ плуга відповідає тільки одна значина кількості його корпусів n та ширина захвата b_k . При цьому графік залежності числа корпусів має оптимум першого роду, на відміну від графіку ширини захвата корпусу. Але ж, величина цього оптимуму

припадає на відносно мале значення ширини корпусу. Також, слід відзначити, що при заданих вхідних умов до значини питомого тягового опору 53кН/м^2 неможливо взагалі узгодити число корпусів плуга та ширину захвату для варіанту його симетричного навішування на ЗНМ трактора.

Але, з практичної точки зору, налаштування ЗНМ трактора при його агрегуванні з плугом може здійснюватися і з поперечним зміщенням останнього. Величина якого, звичайно, обмежена певним діапазоном як лівостороннього зміщення, так і правостороннього, т.б. $e_{\text{п}} \in [-e_{\text{пmin}}; +e_{\text{пmax}}]$.

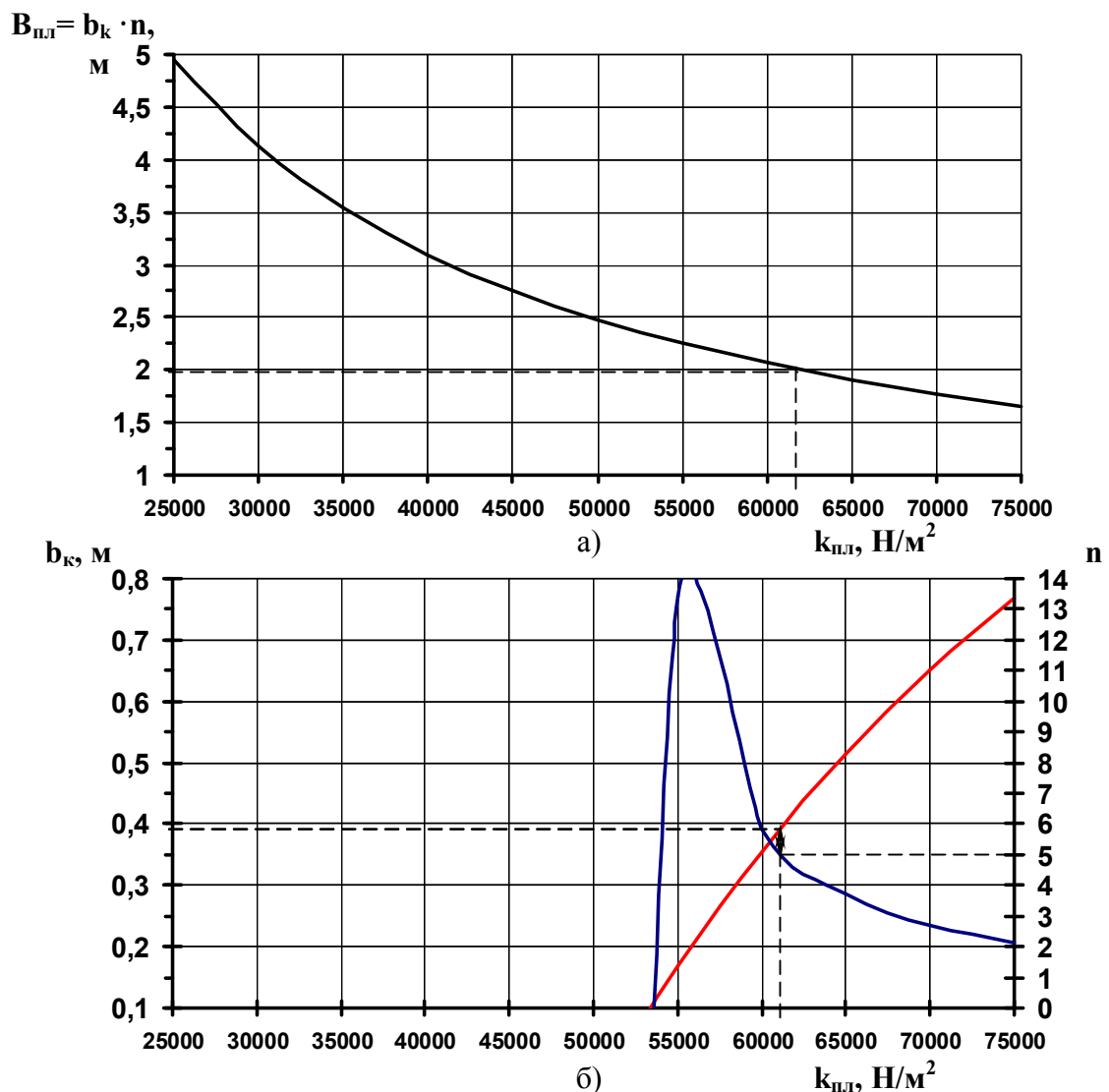


Рис. 2.2 - Закономірності зміни ширини захвату плуга (а) і потрібної кількості корпусів n плуга та їх ширина захвату $b_{\text{к}}$ (б) від питомого тягового опору $k_{\text{пл}}$ при симетричному його навішуванні на ЗНМ трактора ХТЗ-150К

Тому, для агрегування плуга із конкретним трактором необхідно вирішувати компромісну задачу, математична формалізація якої має вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} b_k \cdot n = \frac{G_{mp} \cdot \varphi_{кр.н} \cdot \xi_p}{h \cdot k_0 \left[1 + (V_p - V_0) \frac{\Delta c}{100} \right]}; \\ e_{п} = [B_{д} + 2 \cdot A + b - b_k \cdot (n+1)] / 2 \text{ або } e'_{п} = [B_{д} - b - b_k \cdot (n+1)] / 2, \\ W_0 = 0,1 \cdot n \cdot b_k \cdot V_p \rightarrow \max, \\ b_k \in [b_{kmin}; b_{kmax}]; \\ n \in [n_{min}; n_{max}]; \\ V_p \in [V_{pmin}; V_{pmax}]; \\ e_{п} \in [-e_{пmin}; +e_{пmax}]. \end{array} \right.$$

З практичної точки зору при графоаналітичному вирішенні вказаної задачі, щодо раціонального агрегування орних МТА із змінною шириною захвата корпусів плуга, слід керуватися наступним алгоритмом.

1) Вхідними величинами є: $G_{тр}$, кН; $\varphi_{кр.н}$; $B_{д}$, м; A , м; b , м; h , м; Δc , %; ξ_p ; $[-e_{пmin}; +e_{пmax}]$, м; $[b_{kmin}; b_{kmax}]$, м; $[V_{pmin}; V_{pmax}]$, км/год; k_0 , кН/м²; n_{max} .

2) Виходячи із тягових властивостей трактора будується залежність ширини захвата корпусу плуга b_k від числа його корпусів n для інтервалу агротехнічних швидкостей руху плуга $V_p \in [V_{pmin}; V_{pmax}]$ (рис. 6.3) за рівнянням:

$$b_k = \frac{G_{mp} \cdot \varphi_{кр.н} \cdot \xi_p}{n \cdot h \cdot k_0 \left[1 + (V_p - V_0) \frac{\Delta c}{100} \right]}. \quad (2.10)$$

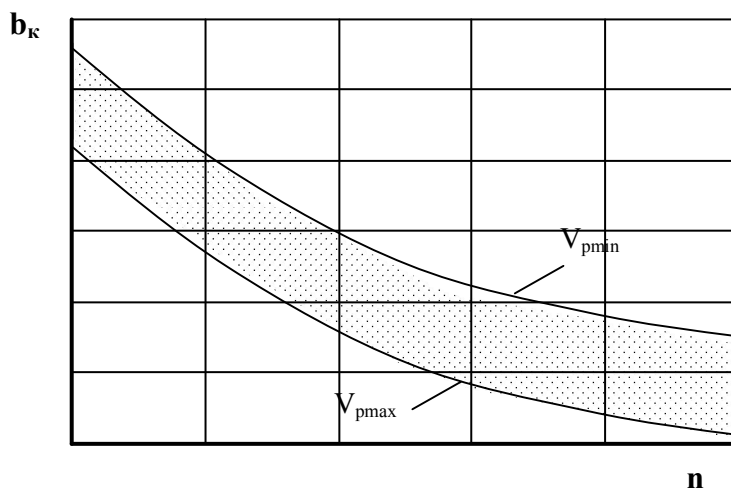


Рис. 2.3 – Залежність ширини захвата корпусу плуга b_k від числа його корпусів n для інтервалу агротехнічних швидкостей руху плуга $V_p \in [V_{pmin}; V_{pmax}]$

3) На цьому ж графіку (рис. 2.3) будується залежність ширини захвата корпусу плуга b_k від числа його корпусів n для заданого діапазону його поперечного зміщення $e_{п} \in [-e_{пmin}; +e_{пmax}]$ при навішуванні на ЗНМ трактора (рис. 2.4):

- при русі трактора поза борозною:

$$b_k = [B_d + 2 \cdot A + b - 2 \cdot e_{п}] / (n+1); \quad (2.11)$$

- при русі трактора в борозні:

$$b'_k = [B_d - b - 2 \cdot e_{п}] / (n+1). \quad (2.12)$$

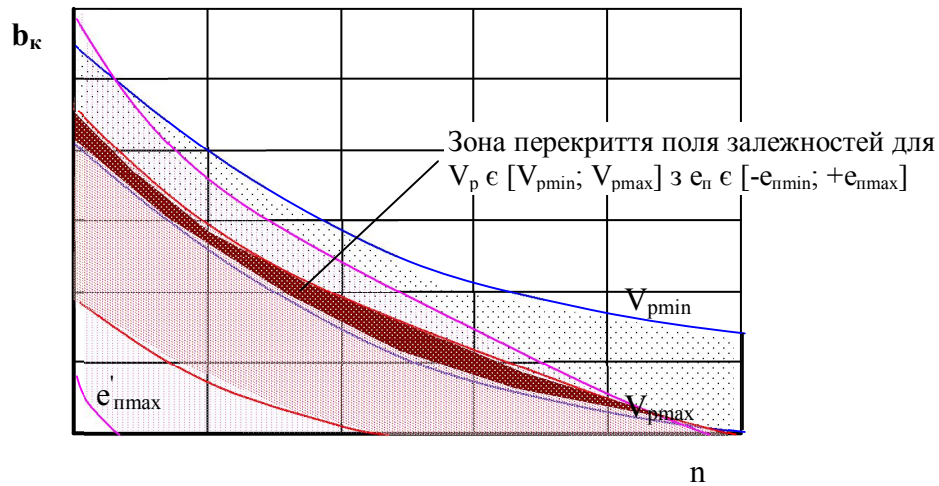


Рис. 2.4 - Залежність ширини захвата корпусу плуга b_k від числа його корпусів n для інтервалу агротехнічних швидкостей руху плуга $V_p \in [V_{pmin}; V_{pmax}]$ та поперечного зміщення $e_{п} \in [-e_{пmin}; +e_{пmax}]$

4) На побудованому графіку (рис. 2.4) визначається зона перекриття поля залежностей для $V_p \in [V_{pmin}; V_{pmax}]$ з $e_{п} \in [-e_{пmin}; +e_{пmax}]$, яка є сумісним рішенням системи рівнянь (2.9). Визначається спосіб руху МТА (в борозні чи поза борозною), спосіб агрегування плуга (симетричний, асиметричний), схема налагодження ЗНМ (дво- чи три точкова).

5) На побудованому графіку (рис. 2.4) в зоні перекриття поля залежностей для $V_p \in [V_{pmin}; V_{pmax}]$ з $e_{п} \in [-e_{пmin}; +e_{пmax}]$ визначаються точки перехрестя значень ширини корпусу плуга з числом його корпусів: т.1 ($n_3; b_{k1}$), т.2 ($n_2; b_{k2}$), т.3 ($n_1; b_{k3}$) і т.д. (рис. 2.5).

5) Для кожного з варіантів складу плуга обчислюється швидкість руху V_p за рівнянням:

$$V_p = \left[\frac{G_{mp} \cdot \varphi_{крп} \cdot \xi_p}{b_k \cdot n \cdot h \cdot k_0} - 1 \right] \cdot \frac{100}{\Delta c} + V_0 \quad (2.13)$$

та розраховується основна продуктивність його роботи:

$$W_0 = 0,1 \cdot n \cdot b_k \cdot V_p \quad (2.14)$$

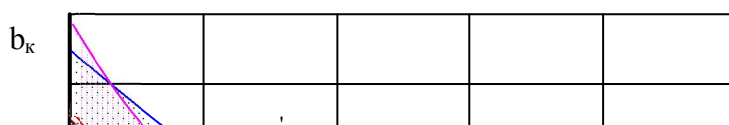


Рис. 2.5 - Визначення варіантів складу плуга за числом його корпусів n та шириною захвату b_k

9) За отриманими значеннями основної продуктивності W_0 за (2.14) приймається остаточне рішення щодо ширини та числа корпусів плуга приймаючи до уваги схему налагодження ЗНМ.

10) За обраним варіантом складу плуга розраховується фактична величина поперечного його зміщення при навішуванні на ЗНМ трактора:

- при русі поза борозною:

$$e_n = [B_d + 2 \cdot A + b - b_k \cdot (n+1)]/2, \quad (2.15)$$

- при русі в борозні:

$$e'_n = [B_d - b - b_k \cdot (n+1)]/2. \quad (2.16)$$

2.2 Дослідження процесу стабілізації стійкого руху орного МТА в горизонтальній площині

Нехай в орному агрегаті відбулося змінювання (наприклад збільшення) ширини захвату плуга. Внаслідок цього центр опору плуга (точка D_n , рис. 2.6) змістилася в поперечному напрямку на відстань S . При цьому лінія тяги довжиною T при зміщенні центру опору D_n утворює кут δ .

Промені нижніх тяг заднього навісного механізму трактора при цьому збігаються в точці π (рис. 2.6), яка є миттєвим центром повороту плуга відносно трактора в горизонтальній площині.

Лінія тяги довжиною T , яка з'єднує кінематичний центр агрегату (точка M) з центром опору плуга D_n природно не проходить через миттєвий центр повороту π (рис. 2.6). Корегувати положенням миттєвого центру повороту π практично можна

змінюванням довжиною внутрішнього шпинделя (як це докладно представлено нами в 1 розділі). Внаслідок такого корегування змінюється кут β повороту нижніх тяг навісного механізму трактора в горизонтальній площині. Через це покладемо кут β , як параметр керуючого впливу, змінювання якого дозволяє впливати на стійкість руху орного агрегату в горизонтальній площині.

Рис. 2.6 – Схема зміщення центру опору плуга орного МТА внаслідок змінювання його ширини захвату: 1 - нижні тяги ЗНМ трактора; 2 - бугель плуга; 3 - рама плуга; 4 - «еквівалентний» корпус

За 3-и точкової схеми згідно рис. 2.6 кути повороту лівої та правої тяги ЗНМ трактора в принципі не дорівнюють один одному. З достатньої для практики точністю значину кута ε (рис. 2.7) можна знайти із виразу:

$$\varepsilon = (1 - l_T/r) \cdot \beta, \quad (2.17)$$

де l_T і r – параметри ЗНМ трактора, показані на рис. 2.7.

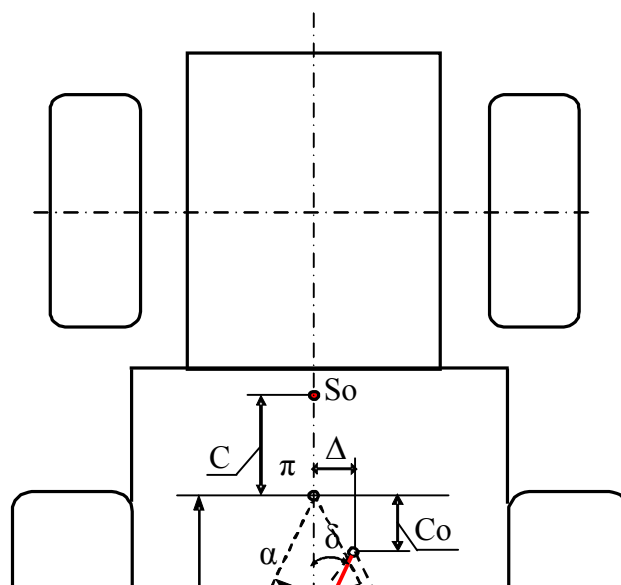


Рис. 2.7 – Схема заднього навісного механізму трактора, що пояснює результат зміщення центру π внаслідок змінювання кута β

Кут α збігання нижніх тяг ЗНМ за рис. 2.7 можна знайти з виразу:

$$\alpha = 2 \cdot \arccos [d \cdot (r - l_T) / (l_T \cdot b)] \geq 0.38 (22^\circ) \quad (2.18)$$

де d – відстань від осі, яка проходить через точки кріплення нижніх тяг до миттєвого «центру повороту» (т. π , рис. 2.7) ЗНМ трактора;

b – довжина нижніх тяг ЗНМ енергетичного засобу.

З теорії агрегування орних агрегатів відомо, що для забезпечення достатньої кутової рухомості плуга відносно трактора величина кута α збігання нижніх тяг ЗНМ трактора відповідала наступній вимозі $\alpha \geq 22^\circ$.

За рис. 2.6 з достатньою точністю зміщення центра опору D_{π} можна знайти із виразу:

$$S = T \cdot \sin(\delta). \quad (2.19)$$

З отриманого виразу випливає, що при відомих T і S кут δ уводу лінії тяги можна знайти у такий спосіб:

$$\delta = \arcsin (S / T). \quad (2.20)$$

Для цього необхідно, щоб:

$$\alpha = 2 \cdot \arccos [d \cdot (r - l_T) / (l_T \cdot b)] \geq 0.38 (22^\circ). \quad (2.21)$$

Звідки

$$d \cdot (r - l_T) / (l_T \cdot b) = \cos(\alpha/2). \quad (2.22)$$

З отриманого виразу можна знайти параметр d :

$$d = \cos(\alpha/2) / [(r - l_T) / (l_T \cdot b)]. \quad (2.23)$$

Якщо прийняти за параметр, яким можна керувати при налаштуванні навісного механізму плуга в горизонтальній площині - кут β , тоді за 3-и точкової

схеми $\varepsilon < \beta$, тому що в цьому випадку кути повороту нижніх тяг ЗНМ трактора в принципі не дорівнюють один одному.

Згідно наведеної схеми на рис. 2.7 впливає, що

$$\text{ctg}(\delta) = [d - y - C_0] / \Delta. \quad (2.24)$$

У разі приєднання знаряддя за триточковою схемою умова рівноваги плуга в горизонтальній площині є функціями повороту плуга β і збігання α нижніх тяг заднього навісного механізму трактора. З достатньою точністю величини Δ і C_0 можна визначити із наступних виразів:

$$\Delta = [l_T \cdot \sin(\beta)] / [2 \cdot \text{tg}(\alpha/2)]; \quad (2.25)$$

$$C_0 = [l_T \cdot (1 - \text{ctg}(\alpha/2 + \beta) \cdot (\text{tg}(\alpha/2) + \beta))] / [2 \cdot \text{tg}(\alpha/2)]. \quad (2.26)$$

З урахуванням вищенаведеного пов'яжемо величину поперечного зміщення центру опору плуга (параметр S) з величиною кута β і представимо цей зв'язок в системі рівнянь:

$$\begin{cases} \delta = \arcsin(S / T), \\ \text{tg}(\delta) = \Delta / [d - y - C_0], \\ d = l_T / 2\text{tg}(\alpha/2), \\ \alpha = 2 \cdot \arccos[d \cdot (r - l_T) / (l_T \cdot b)], \\ \Delta = [l_T \cdot \sin(\beta)] / [2 \cdot \text{tg}(\alpha/2)]; \\ C_0 = [l_T \cdot (1 - \text{ctg}(\alpha/2 + \beta) \cdot (\text{tg}(\alpha/2) + \beta))] / [2 \cdot \text{tg}(\alpha/2)]. \end{cases} \quad (2.27)$$

Отримана система рівнянь дозволяє встановити зв'язок $\beta = f(S)$ при відомих наступних конструктивних параметрів орного машинно-тракторного агрегату (r, l_T, b, y, α, T), природа яких зрозуміла з рис. 2.6 і 2.7.

За наведеною системою (2.27) обчислимо залежність зміни кута β повороту нижніх тяг навісного механізму трактора John Deere 8310 від поперечного зміщення S центру опору плуга Kverneland в горизонтальній площині (рис. 2.8).

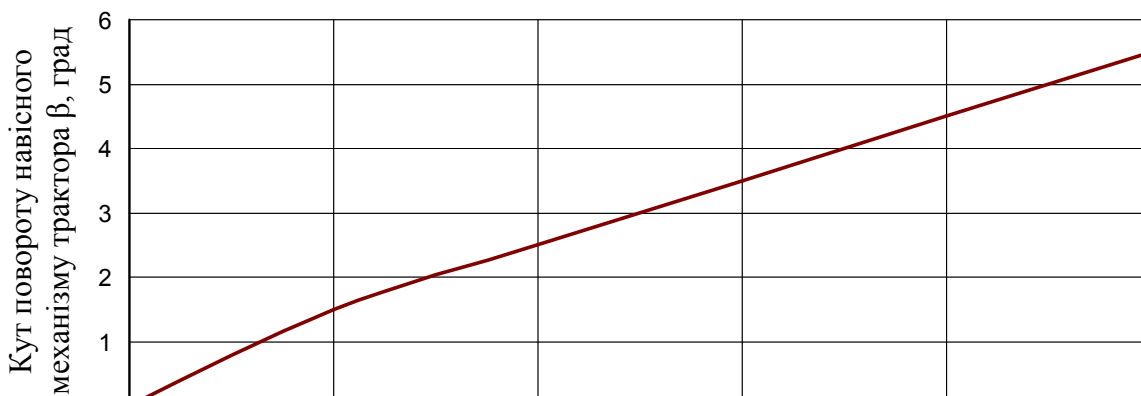


Рис. 2.8 – Залежність зміни кута β повороту нижніх тяг навісного механізму трактора від поперечного зміщення S центру опору плуга в горизонтальній площині

З отриманої залежності (див. рис. 2.8) випливає, що між параметрами β та S існує прямо пропорційна залежність. Водночас величина β невелика, і при поперечному зміщенні плуга на 0,5 м кут β повороту нижніх тяг навісного механізму трактора не перевищує 6 град.

На рис. 2.9 і 2.10 представлені залежності зміни координати S_T миттєвого центру повороту заднього навісного механізму трактора в горизонтальній площині від кутового повороту β нижніх тяг навісного механізму.



Рис. 2.9 – Залежність поперечного зміщення Δ координати S_T миттєвого центру повороту заднього навісного механізму трактора в горизонтальній площині від кутового повороту β нижніх тяг навісного механізму

З аналізу отриманої залежності на рис. 2.9 випливає, що між параметрами Δ і β також існує прямо пропорційна залежність. При кутовому повороті нижніх тяг навісного механізму трактора β лише на 6 град величина поперечного зміщення центру повороту Δ при цьому становить 0,22 м.

З аналізу отриманої залежності на рис. 2.10 випливає, що між параметрами S_0 і β також існує прямо пропорційна залежність. При кутовому повороті нижніх тяг

навісного механізму трактора β лише на 6 град величина поздовжнього зміщення центру повороту C_0 при цьому становить 0,05 м.

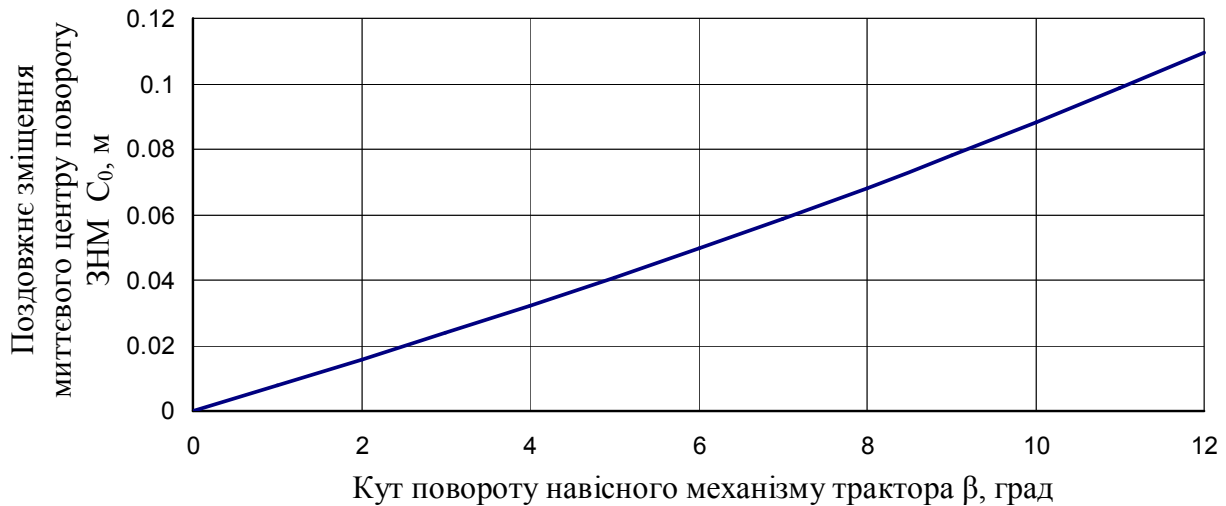


Рис. 2.10 – Залежність поздовжнього зміщення C_0 координати миттєвого центру повороту заднього навісного механізму трактора в горизонтальній площині від кутового повороту β нижніх тяг навісного механізму

Отримані результати теоретичних досліджень дозволили мати підстави для розроблення системи автоматизованого зміщення координати S_T миттєвого центру повороту заднього навісного механізму трактора в горизонтальній площині в залежності від поперечного зміщення центру опору плуга шляхом кутового повороту ЗНМ на необхідний для цього кут β .

2.3 Розроблення системи коригування поворотом навісного механізму плуга в горизонтальній площині

Результати проведених нами теоретичних досліджень в п. 2.1 та 2.2 створюють підстави для розроблення системи коригування поворотом навісного механізму плуга в складі орного МТА в горизонтальній площині. Задля цього замінимо внутрішній шпindel плуга на гідроциліндр 3 (рис. 2.11). Висування

штоку останнього дозволяє змінювати миттєвий центр повороту Z заднього навісного механізму трактора 1 в горизонтальній площині. Подача рідини в порожнину гідроциліндру 3 відбувається від автоматизованого гідророзподільника 11, до якого потрапляє рідина з гідробака 7 трактора завдяки роботі гідронасосу 8, фільтра 10 очищення гідрорідини та запобіжного клапану 9.

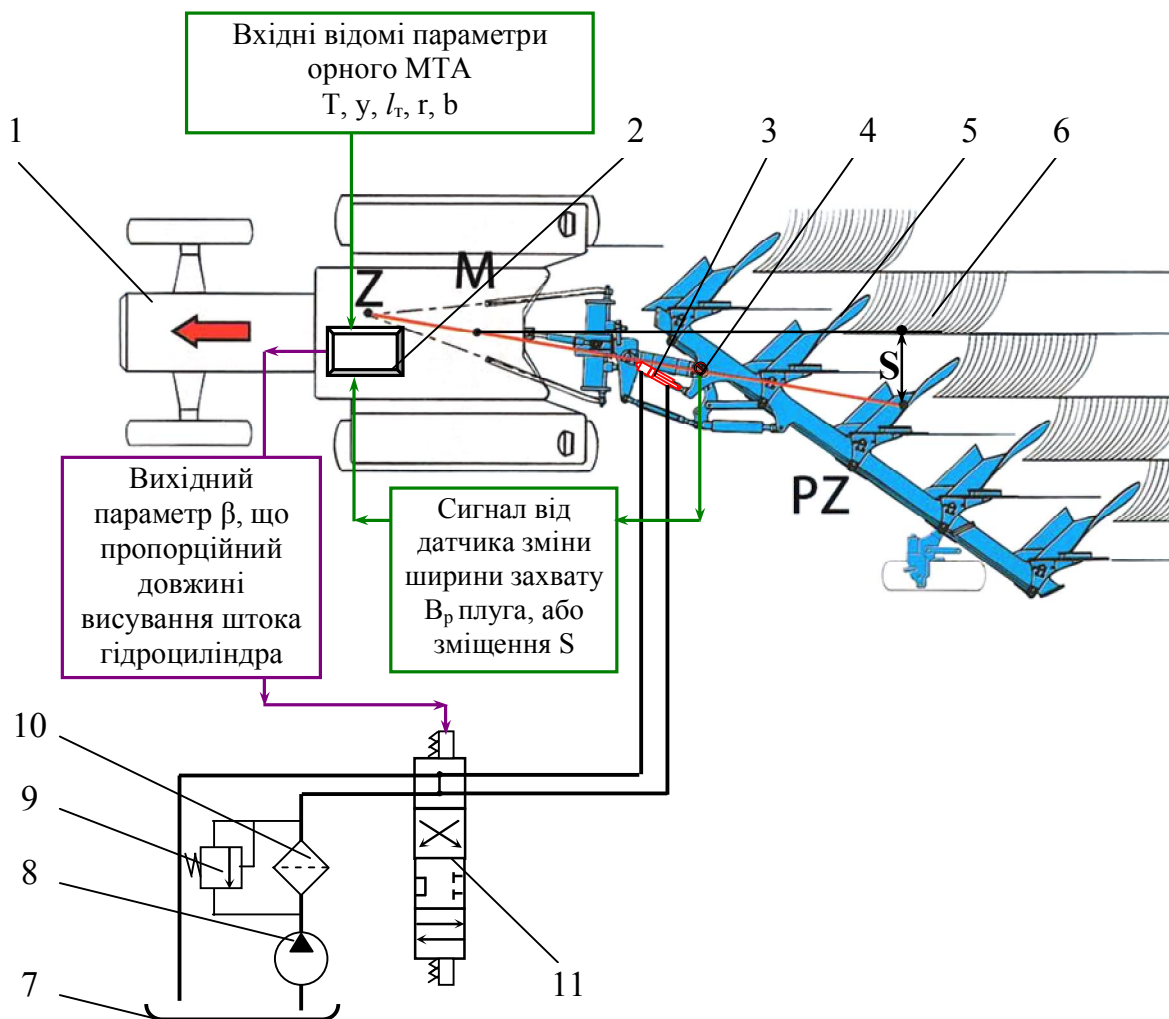


Рис.

- 2.11 – Система коригування поворотом навісного механізму плуга в горизонтальній площині: 1 – трактор; 2 – бортовий компютер трактора; 3 – гідроциліндр; 4 – датчик кутового зміщення; 5 – плуг; 6 – зоране поле; 7 – гідробак; 8 – гідронасос; 9 – запобіжний клапан; 10 – фільтр; 11 – автоматизований гідророзподільник

Корегування точки Z миттєвого центру повороту навісного механізму трактора в горизонтальній площині відбувається у такий спосіб. Спочатку при агрегуванні плуга 5 з регульованою шириною захвату з трактором 1 у головний його бортовий комп'ютер 2 вводяться значення наступних параметрів: T – довжина лінії тяги, яка з'єднує кінематичний центр трактора (t . M) з центром опору плуга (t .

PZ), b – довжина нижніх тяг ЗНМ трактора; де l_T і r – параметри ЗНМ трактора; y – відстань від кінематичного центру трактора до точки кріплення його нижніх тяг.

Далі в процесі налаштування орного МТА відбувається змінювання його ширини захвату шляхом повертання основної балки плуга в горизонтальній площині. Внаслідок цього центр опору плуга зміщується в поперечному напрямку на величину S , що прямо пропорційно зміні ширини захвату. Величину кутового зміщення основної балки плуга відчуває закріплений на її шарнірі додатково встановлений реостатний датчик (потенціометр) 4. Сигнал від цього датчика 4 також поступає на бортовий комп'ютер 2 трактора.

Далі опрацювання бортовим комп'ютером вхідних даних за алгоритмом, представленим виразами системи рівнянь (2.27) обчислюється необхідна величина параметру β – кутового обертання навесного механізму плуга в горизонтальній площині. Ця величина пропорційна лінійному переміщенню штока гідроциліндра 3. Через це опрацьований вихідний сигнал від головного бортового комп'ютера 2 трактора поступає на гідро розподільник 11, за допомогою якого відбувається подача гідро рідини в одну із порожнин гідроциліндра 3. І, через обертання навісного механізму плуга в горизонтальній площині, миттєвий центр повороту Z зміщується таким чином, що лінія тяги, яка з'єднує точки Z і PZ проходить через точку M – кінематичний центр трактора.

Запропонована система коригування поворотом навісного механізму плуга в горизонтальній площині дозволяє в автоматичному режимі забезпечувати стійкий рух орного МТА при зміні ширини захвату плуга в процесі роботи агрегату.

Висновки.

1. Раціональне агрегування орних МТА в складі навісних оборотних плугів з регульованою шириною захвату можна досягти за оптимальних параметрів ширини захвату корпусів та їх кількості. Задля цього розроблена методика вибору вказаних параметрів за критерієм максимальної основної продуктивності роботи агрегату та з урахуванням величини та напрямку поперечного зміщення плуга при його налаштуванні, умов ґрунтового середовища, конструктивних параметрів енергетичного засобу та режиму його роботи на оранці можна отримати щонайменші питомі витрати ресурсів на цю технологічну операцію та максимально завантажити трактор, як за потужністю, так і за тягою.

2. Проведеними розрахунками встановлено, що кожній значині питомого тягового опору плуга відповідає тільки одна значина кількості його корпусів та ширина захвату. При цьому графік залежності числа корпусів має оптимум першого роду, на відміну від графіку ширини захвату корпусу. Але ж, величина цього оптимуму припадає на відносно мале значення ширини корпусу. Також, слід відзначити, що при заданих вхідних умов до певних значини питомого тягового опору неможливо взагалі узгодити число корпусів плуга та ширину захвату для варіанту його симетричного навішування на ЗНМ трактора.

3. В роботі доведено, що корегувати положенням миттєвого центру повороту практично можна змінюванням кута β повороту нижніх тяг навісного механізму трактора в горизонтальній площині. Через це кут β покладений, як параметр керуючого впливу, змінювання якого дозволяє впливати на стійкість руху орного агрегату в горизонтальній площині.

4. Розроблена математична модель дозволяє встановити зв'язок кута β з величиною поперечного зміщення центру опору плуга, внаслідок змінювання ширини його захвату. Аналіз якої показав, що між параметрами цими параметрами існує прямо пропорційна залежність. Водночас величина β невелика, і при поперечному зміщенні плуга на 0,5 м кут β повороту нижніх тяг навісного механізму трактора не перевищує 6 град.

Також встановлено, що між параметром поперечного зміщення миттєвого центру повороту заднього навісного механізму трактора і кутом β також існує прямо пропорційна залежність. При кутовому повороті нижніх тяг навісного механізму

трактора β лише на 6 град величина поперечного зміщення центру повороту Δ при цьому становить 0,22 м.

Між параметром поздовжнього зміщення центру повороту заднього навісного механізму трактора і кутом β також існує прямо пропорційна залежність. При кутовому повороті нижніх тяг навісного механізму трактора β лише на 6 град величина поздовжнього зміщення центру повороту S_0 при цьому становить 0,05 м.

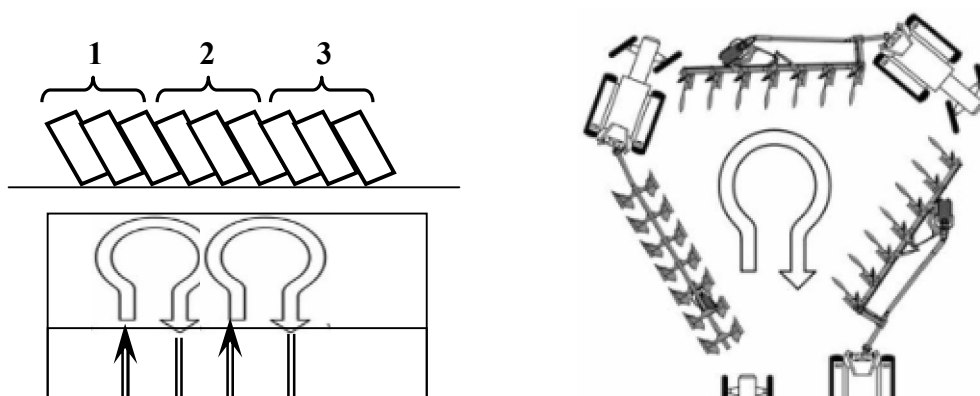
5. Отримані результати теоретичних досліджень дозволили мати підстави для розроблення системи автоматизованого зміщення координати S_T миттєвого центру повороту заднього навісного механізму трактора в горизонтальній площині в залежності від поперечного зміщення центру опору плуга шляхом кутового повороту ЗНМ на необхідний для цього кут β .

3 ПРИЙНЯТТЯ ЕФЕКТИВНИХ РІШЕНЬ ЩОДО ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОБОРОТНИХ ПЛУГІВ НА ОРАНЦІ

Останнім часом певної популярності у сільгоспвиробників набув оборотний плуг, головна перевага якого полягає у проведенні оранки без згінних та розгінних борозен. Оборотний плуг конструктивно має два комплекти корпусів (право-лівообертальні) на одній рамі, які можуть повертатися на 180° (рис. 3.1).

Отже, вага оборотного плуга в 1,3 - 1,6 разів вище, ніж звичайного [2]. У той же час гладка оранка сприяє швидкому вирівнюванню полів, оскільки не залишає на поверхні поля огріхів, що має місце при звичайній оранці. Плуг обертає тракторист-машиніст із кабіни трактора за допомогою гідросистеми. Глибина ходу корпусів регулюється за допомогою гвинтового механізму опорного колеса. Якщо опорне колесо оборотного плуга встановлено в задній частині рами, то для забезпечення потрібного копіювання плугом поверхні поля під час основної обробки ґрунту в напрямку руху агрегату передню частину рами плуга втримують від надмірного заглиблення за допомогою встановленої на трактор системи позиційного (силового або комбінованого) регулювання положення навісного механізму трактора. Якщо такої системи на тракторі нема, то передню частину рами плуга втримують у робочому положенні за допомогою пристрою, який встановлюють на навісному механізмі трактора.

Оборотний плуг крім правообертальних має ще і лівообертальні корпуси. Рухаючись човниковим способом (рис. 3.1) він обертає шари ґрунту увесь час убік обробленого поля. Розбивка поля на загони при цьому не потрібна. В остаточному підсумку продуктивність праці збільшується і підвищується якість оранки не тільки через відсутність згінних гребенів та розгінних борозен, але через те, що в цьому випадку не потрібна доробка клинів, які неминучі при неякісній розбивці поля на загони.



а)

б)

Рис. 3.1 – Човниковий спосіб руху МТА в складі оборотного плуга:

а) – схема руху; б) – схема повороту; 1; 3 – працюють лівообертальні корпуси;

2;4 – працюють правообертальні корпуси

Водночас, оскільки під час виконання технологічного процесу орний машинно-тракторний агрегат з таким плугом на робочому гоні здійснює «човниковий» спосіб руху, то на поворотній смузі він змушений виконувати петльовий «грушоподібний» поворот. А такий маневр МТА є більш складним у виконанні, ніж, приміром, безпетльовий.

Здійснення оранки звичайним плугом може призводити до наявності згінних та розгінних борозен з усіма впливаючими звідси досить відомими негативними наслідками. Проте, як показує практика, за відповідної кваліфікації механізатора ці негаразди можна практично повністю усунути.

При виконанні оранки звичайним плугом лише на першому етапі здійснюють кілька петльових поворотів. В подальшому відбувається більш простий безпетльовий маневр орного агрегату на поворотній смузі. Але якщо при цьому врахувати, що вартість звичайного плуга у 3-3,5 разів менша, ніж оборотного, то використання останнього може бути виправданим тільки на основі відповідного обґрунтування.

Розглянемо більш детально доцільність застосування оборотного плуга замість звичайного.

У якості фізичних об'єктів дослідження розглянемо два орних агрегати. Перший - у складі трактора John Deere 8310 і плуга Kverneland не оборотного. Другий – на основі того ж самого енергетичного засобу і оборотного плуга з такою ж конструктивною шириною захвату. Далі розрахуємо, який шлях на поворотній

смузі проходить кожний із порівнюваних МТА при здійсненні ним оранки ділянки однієї і тієї ж площі. За умови однакової середньої швидкості руху орних агрегатів на поворотній смузі (що цілком реально) різниця між визначеними сумарними шляхами маневру буде репрезентувати ті невиробничі витрати часу зміни, які і будуть вказувати на користь одного із порівнюваних варіантів МТА.

Результати досліджень.

Спочатку визначимося із шириною дослідної ділянки. Відомо, що оптимальна її значина ($C_{\text{опт}}$) може бути розрахована із такого виразу [24]:

$$C_{\text{опт}} = (16 \cdot R_o^2 + 2 \cdot B_p \cdot L_p)^{0,5}, \quad (3.1)$$

де R_o – мінімальний радіус повороту МТА;

B_p – робоча ширина захвату агрегату;

L_p – довжина поля (дослідної ділянки).

З достатньою для практики точністю мінімальний радіус повороту агрегату на базі трактора з шарнірно-зчленованою рамою визначається так:

$$R_o = L \cdot \text{ctg}(\alpha),$$

де L – база трактора;

α – максимальний кут повороту керованих коліс енергетичного засобу.

При $L = 3,020$ м і $\alpha = 28^\circ$ маємо $R_o = 6,0$ м.

Прийmemo типову для умов півдня України довжину гону поля $L_p = 1200$ м. Враховуючи, що для розглядуваних плугів $B_p = 3,0$ м, із виразу (5.6) отримуємо

$$C_{\text{опт}} = (16 \cdot 6^2 + 2 \cdot 3 \cdot 1200)^{0,5} = 88,2 \text{ м.}$$

Це відповідає площі $S_{\text{опт}} = 10,6$ га, яка практично дорівнює виробітку орного агрегату за умови робочого руху зі швидкістю 8 км/год., тривалості зміни 7 год. і коефіцієнтові її використання 0,8.

При оранці ділянки шириною $C_{\text{опт}}$ обидва МТА здійснять n_3 поворотів, кількість яких визначається із виразу:

$$n_3 = \text{Int}(C_{\text{опт}}/B_p) - 1$$

Для агрегату з оборотним плугом це будуть лише петльові повороти ($n_{\text{п}}=n_3$), довжина кожного із яких ($L_{\text{хп}}$) становитиме:

$$L_{\text{хп}} = (6,0 \div 8,0) \cdot R_o + 2 \cdot E,$$

де E – довжина виїзду агрегату. В нашому випадку $E = 7,5$ м.

Для розрахунків прийmemo

$$L_{\text{хп}} = 7 \cdot R_o + 2 \cdot E$$

Виходячи з цього, загальна довжина петльових поворотів становитиме:

$$\sum L_{хп} = L_{хп} \cdot n_{п} = (7 \cdot R_o + 2 \cdot E) \cdot [\text{Int}(C_{орт}/B_p) - 1]. \quad (3.7)$$

Орний агрегат із звичайним плугом спочатку теж здійснюватиме петльові повороти. І робитиме це до тих пір, поки не буде виконуватися наступна умова:

$$n_{рх} \cdot B_p \geq 2 \cdot R_o \quad (3.8)$$

$n_{рх}$ – кількість робочих ходів при здійсненні петльових поворотів.

Кількість таких поворотів ($n_{пп}$) становитиме:

$$n_{пп} = \text{Int}(2 \cdot R_o / B_p) - 1,$$

а їх сумарна довжина:

$$\sum L_{хпп} = L_{хп} \cdot n_{пп} = (7 \cdot R_o + 2 \cdot E) \cdot [\text{Int}(2 \cdot R_o / B_p) - 1]. \quad (3.9)$$

Після настання умови (3.8) орний агрегат здійснюватиме безпетльові повороти з прямолінійною ділянкою ($X_{п}$). Довжина кожного такого маневру ($L_{хбп}$) визначається із виразу:

$$L_{хбп} = (1,4 \div 2,0) \cdot R_o + 2 \cdot E + X_{п}$$

Для розрахунків приймемо:

$$L_{хбп} = 1,7 \cdot R_o + 2 \cdot E + X_{п}$$

Кількість безпетльових ($n_{бп}$) поворотів МТА становитиме:

$$n_{бп} = n_3 - n_{пп} = \text{Int}(C_{орт}/B_p) - 1 - \text{Int}(2 \cdot R_o / B_p) + 1 = \text{Int}(C_{орт}/B_p) - \text{Int}(2 \cdot R_o / B_p)$$

Що стосується сумарної довжини прямолінійних ділянок на поворотній смузі, то вона розраховується наступним чином:

$$\sum X_{п} = B_p \cdot \sum_{i=0}^{n_{бп}} i$$

Звідси сумарна довжина безпетльових поворотів орного агрегату із звичайним плугом буде:

$$\sum L_{хбп} = (1,7 \cdot R_o + 2 \cdot E) \cdot [\text{Int}(C_{орт}/B_p) - \text{Int}(2 \cdot R_o / B_p)] + B_p \cdot \sum_{i=0}^{n_{бп}} i \quad (3.10)$$

Склавши вирази (5.9) і (5.10), отримаємо залежність, яка дозволяє визначити сумарну довжина поворотів ($L_{хз}$) МТА із звичайним орним знаряддям:

$$\sum L_{хз} = (7 \cdot R_o + 2 \cdot E) \cdot n_{пп} + (1,7 \cdot R_o + 2 \cdot E) \cdot n_{бп} + B_p \cdot \sum_{i=0}^{n_{бп}} i \quad (3.11)$$

Розрахунок виразів (3.7) і (3.11) показав, що при ширині оброблюваного поля до 85 м сумарна довжина поворотів досліджуваних орних МТА менша при використанні звичайного плуга (рис. 3.2).

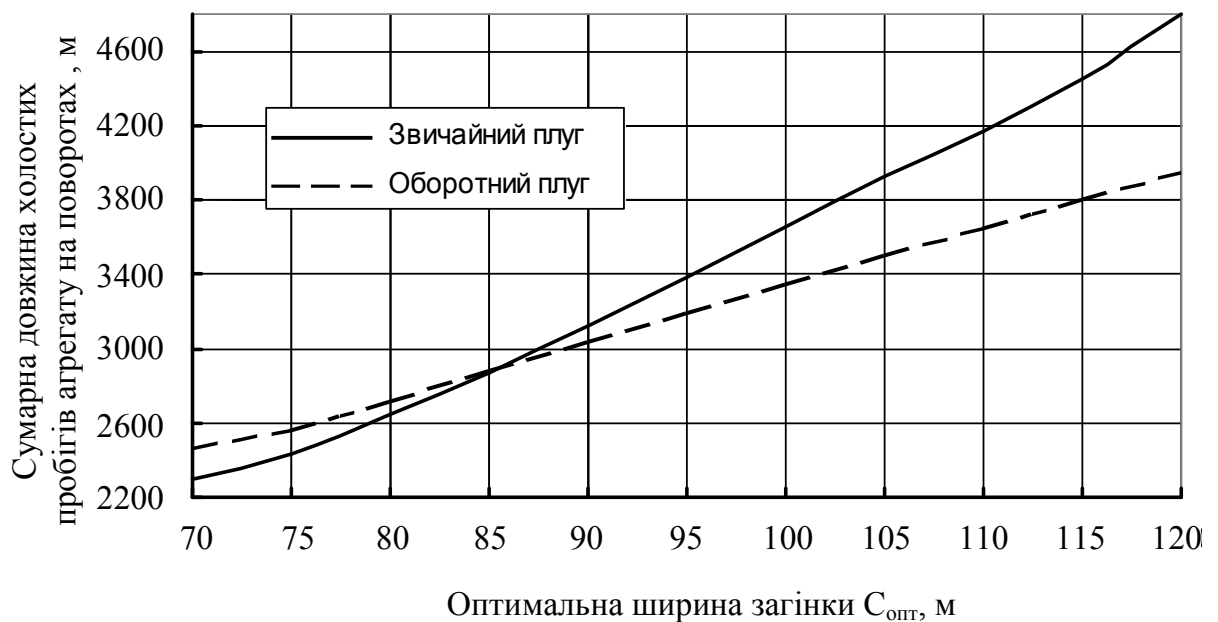


Рис. 3.2 – Залежність сумарних довжин поворотів орних МТА від ширини оброблюваної ділянки

Подальше збільшення $C_{\text{опт}}$ дає зворотній результат. Так, при оранці ділянки шириною 88,2 м і площею 10,2 га сумарний шлях руху на поворотній смузі МТА з оборотним плугом становить 2980 м, а із звичайним – 3035 м. Тобто маємо збільшення оцінюваного показника. Проте лише на 55 м (2,7%).

Багаторічна практика досліджень орних МТА проф. В.Т. Надикто показує, що швидкість їх руху на поворотній смузі знаходиться в межах 1,5...2,0 м/с. Звідси, за середньої швидкості маневру 1,75 м/с (6,3 км/год) сумарні витрати часу на повороти агрегатом із звичайним орним знаряддям будуть більшими при цьому лише на 0,5 хв. В дійсності може не бути й цього, оскільки середня швидкість виконання «грушоподібного» повороту, як показує практика, менша за швидкість здійснення безпетльового маневру.

При збільшенні оброблюваної площі майже в 1,5 рази (15,0 га замість 10,2) ширина поля становитиме 120 м. В цьому випадку орний МТА зі звичайним плугом на поворотних смугах подолає шлях, більший на 850 м. Знову ж таки, за вказаної вище середньої швидкості маневру на поворотній смузі (1,75 м/с) зростання витрат часу на повороти цим орним агрегатом становитиме лише 10 хв.

Більше того, посилаючись на дослідження науковців, основна задача оранки полягає у періодичному, а не щорічному відновленні структури ґрунту. А це однозначно означає, що здійснювати її один раз у кілька років таким дорогим знаряддям, яким є оборотний плуг, є економічно не вигідним заходом.

Висновки. За практично однакової продуктивності праці порівнюваних орних агрегатів, несуттєвої різниці між невиробничими витратами часу зміни, а також з урахуванням здійснення оранки раз у кілька років і значно вищою (у рази) вартістю оборотного плуга використання останнього з позиції збільшення змінного наробітку є сумнівним.

Проте ті переваги, які використання плуга із змінною шириною захвата, зокрема, це раціональне використання потужності трактора на різних ґрунтах і забезпечення якісної оранки (адаптація до доступних тягових зусиль) дозволяє мати ту економію, яка буде отримана від підвищення кількості та якості продукції.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Загальні вимоги безпеки до тракторів і сільськогосподарських машин

Аналізом основних законодавчих та нормативно-правових актів нами визначені головні, які стосуються безпечного виконання механізованих робіт з основного обробітку ґрунту:

- 1) Закон України «Про охорону праці».
- 2) Закон України «Основи законодавства України про охорону здоров'я».
- 3) Закон України «Про пожежну безпеку».
- 4) Закон України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності».
- 5) Закон України «Про основні засади державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності».
- 6) Закон України «Про дозвільну систему у сфері господарської діяльності».
- 7) Закон України "Про цивільну оборону України" ВРУ № 2974 - ХІІ від 03.02.1993 р. - К., 1993.
- 8) Закон України "Про внесення змін до Закону України "Про цивільну оборону України" Постановою ВР N 2975-12 від 03.02.93, із змінами, внесеними згідно із Законами N 555-XIV від 24.03.99, та № 2470-III від 29.05.01) ВРУ № 555 - XIV. - К., 1999.
- 9) Закон України "Про внесення змін до Кодексу України про адміністративні правопорушення щодо встановлення відповідальності у сфері цивільної оборони та захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій " ВРУ №666 - IV - К., 2003 .
- 10) Постанова Кабінету Міністрів України від 25.08.2004 р. № 1112 «Деякі питання розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві».
- 11) НПАОП 0.00-4.03-04 «Положення про Державний реєстр нормативно-правових актів з питань охорони праці». Наказ Держнаглядохоронпраці від 08.06.2004 р. № 151.

12) НПАОП 0.00-4.09-07 «Типове положення про комісію з питань охорони праці підприємства». Наказ Держгірпромнагляду від 21.03.2007 р. № 55.

13) НПАОП 0.00-4.11-07 «Типове положення про діяльність уповноважених найманими працівниками осіб з питань охорони праці». Наказ Держгірпромнагляду від 21.03.2007 р. № 56.

14) НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці». Наказ Держнаглядохоронпраці від 26.01.2005 р. № 15.

15) НПАОП 0.00-4.15-98 «Положення про розробку інструкцій з охорони праці». Наказ Держнаглядохоронпраці від 29.01.1998 р. № 9.

16) НПАОП 0.00-4.21-04 «Типове положення про службу охорони праці». Наказ Держнаглядохоронпраці від 15.11.2004 р. № 255.

17) НПАОП 0.00-4.33-99 «Положення щодо розробки планів локалізації та ліквідації аварійних ситуацій і аварій. Наказ Держнаглядохоронпраці від 17.06.1999 р. № 112.

18) НПАОП 0.00-6.03-93 «Порядок опрацювання та затвердження власником нормативних актів про охорону праці, що діють на підприємстві». Наказ Держнаглядохоронпраці від 21.12.1993 р. № 132.

19) НПАОП 0.00-6.13-05 «Порядок організації державного нагляду за охороною праці та гірничого нагляду в системі Держнаглядохоронпраці України». Наказ Держнаглядохоронпраці від 30.03.2004 р. № 92

20) Постанова Кабінету Міністрів України від 10.05.1994 р. № 299 "Про затвердження Положення про цивільну оборону України". - К., 1994.

21) Постанова Кабінету Міністрів України від 03.08.1998 р. № 1198 "Про єдину державну систему запобігання і реагування на надзвичайні ситуації техногенного та природного характеру". - К., 1998.

22) Постанова Кабінету Міністрів України від 26.07.2001 р. № 874 "Про удосконалення підготовки, перепідготовки і підвищення кваліфікації керівних кадрів і фахівців у сфері цивільного захисту". - К., 2001.

Державним стандартом ГОСТ 12.2.019-86 і санітарними правилами №4282-87 регламентовані вимоги до конструкції тракторів, самохідних та інших сільськогосподарських машин (обладнання машин приладами безпеки, сигналізації, спеціальними пристроями), гідроприводів і пневмоприводів, робочого місця

оператора, органів керування та інших елементів конструкції, від яких залежать умови праці та безпека оператора.

Трактори і самохідні сільськогосподарські машини повинні бути зручними і безпечними при технічному обслуговуванні. Усі машини повинні мати безпечний доступ на робоче місце.

Машини, що застосовують у гірських умовах, обладнують захисними кабінами (захисними корпусами), креномірами-сигналізаторами.

Усі параметри мікроклімату повинні відповідати санітарним нормам.

Стандартами нормуються зусилля, що прикладаються до органів керування машинами. Наприклад, при дії ногами вони коливаються в діапазоні 60-200 Н, при дії руками – 30-200 Н.

Усі сільськогосподарські машини не повинні забруднювати навколишнього середовища (повітря, ґрунт, водойма) шкідливими викидами, бути джерелом пожеж і вибухів, а матеріали, які застосовують при експлуатації і технічному обслуговуванню, мають бути безпечними і не шкідливими для людей.

Спеціальними правилами безпеки передбачені вимоги до сидінь, електрообладнання, начіпних і причіпних пристроїв, робочих органів тощо.

До роботи допускаються лише технічно справні машини і знаряддя, що повністю відповідають вимогам безпеки. Нові, відремонтовані, а також машини, що тривалий час не працювали, допускаються до роботи лише після їх обкатки і ретельної перевірки роботи всіх органів.

4.2 Вимоги до механізованих технологічних процесів у рільництві

Головним нормативним документом є ДНАОП 2.0.00-1.01-00 - Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві, затвердженим Наказом Держнаглядохоронпраці від 11.08.2000 № 202.

Вимоги до технологічних процесів

1. Технологічні процеси вирощування, збирання та первинної обробки продукції рослинництва повинні відповідати типовим технологіям, затвердженим власником.

2. При розробці нових технологій вирощування, збирання та первинної обробки продукції рослинництва безпека працівників повинна забезпечуватися вимогами, викладеними в ДНАОП 2.0.00-1.01-00, а також через:

- усунення прямого контакту працівників із протруєним насінням під час завантаження у транспортні засоби, доставки на поле, завантаження сівалок і саджалок;

- забезпечення трактористу-машиністу з кабіни оглядовості робочих органів начіпних сільськогосподарських машин;

- застосування сільськогосподарських машин з автоматичним приєднанням до енергетичних засобів;

- передбачення візуальної та звукової сигналізацій, які б забезпечували узгоджені та безпечні дії спільно працюючих агрегатів та машин;

- погодженість роботи агрегатів, яка унеможлиблює виникнення небезпек.

4.3 Оцінка безпеки сільськогосподарської техніки

Для оцінки безпеки сільськогосподарської техніки застосовують різні способи і засоби. Найбільш поширеними є безпосередній огляд, випробування і вимірювання параметрів [25]. В окремих випадках, при експлуатації складного обладнання для оцінки рівня безпеки (небезпеки) складних сільськогосподарських машин, виробничих процесів, виробництв чи технологій з метою запобігання травмонебезпечних, аварійних та катастрофічних ситуацій застосовують складний але ефективний метод – аналітичний. Усі наведені методи є складовими універсального методу – методу експертної оцінки безпеки робочих місць, окремих машин, технологічних операцій (процесів) тощо.

Комплектує машинно-тракторний агрегат тракторист-машиніст, при потребі, за допомогою допоміжних робітників під обов'язковим контролем бригадира, механіка або агронома. Довільна заміна машин у складеному агрегаті без дозволу цих осіб не допускається. За технічний стан, комплектування і безпечне використання машин, що знаходяться у приватній власності, несе повну відповідальність власник. До експлуатації допускаються абсолютно справні, відрегульовані і перевірені машини, що пройшли відповідну обкатку, у тому числі і нові машини [25].

Причіпні і начіпні машини заздалегідь перевіряють і агрегатують лише з тими тракторами, що зазначені у заводській інструкції машини.

До роботи на агрегатах допускаються фізично здорові, навчені за спеціальною програмою (наявність посвідчення про кваліфікацію) і проінструктовані (за ГОСТ 12.0.004) механізатори. Залежно від виду роботи механізатори повинні бути забезпечені відповідними засобами захисту і спецодягом.

Перед виконанням польових робіт поле спочатку обов'язково оглядає агроном (власник). Після цього (при потребі) його підготовлюють: видаляють велике каміння, засипають рови, яри, ями та інші перешкоди, а ті, що неможливо усунути, позначають віхами, табличками з попереджувальними написами. Після цього поле засмічують відповідно до операційної карти. Якщо працюватиме група агрегатів, то обов'язково вибирають, обладнують і позначають місце відпочинку.

На місце роботи агрегатів не допускають сторонніх осіб, які не мають відношення до технологічного процесу.

Механізовані процеси роботи і рух агрегатів мають відповідати розробленим і затвердженим агрономом або керівником господарства технологіям та маршрутам руху агрегатів.

На ділянках полів і доріг, над якими проходять повітряні лінії електропередач, робота і проїзд машини дозволяються у тому випадку, якщо відстань від найвищої точки машини або вантажу на транспортних засобах до нижнього проводу лінії електропередач не менша за такі величини як наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Показники небезпечних зон

Напруга лінії електропередач, кВ	До 1	1-20	35-110	154	220	330-500
Відстань по горизонталі, м	1,5	2	4	5	6	9
Відстань по вертикалі, м	1	2	3	5	4	5-6

Особливу увагу не обхідно приділяти агрегатам, що працюють на схилах. До керування такими агрегатами допускають механізаторів не нижче II класу, зі стажем роботи за спеціальністю не менше трьох років, що пройшли спеціальне навчання та інструктаж з безпеки праці.

В умовах гористої місцевості (на схилах), як правило, застосовують спеціальні машинно-тракторні агрегати і окремі машини (круто схильної модифікації). До роботи на схилах крутістю не більше як 8-9° допускаються трактори і комбайни загального призначення.

Працювати на схилах колісним тракторам на вузькій колії заборонено.

При агрегуванні плугів із тракторами загального призначення застосовують автоматичні зчіпні пристрої. Під час автоматичного зачеплення машини на трактор не допускається перебування працюючих у небезпечній зоні, щоб запобігти виникненню небезпечних ситуацій в процесі агрегування. Значна кількість автоматичних причіпних і начіпних пристроїв, розроблених різними авторами і організаціями, промисловість серійно не випускає, тому, крім автоматичного начіпного пристрою АС-1, вони у господарствах не застосовуються. Більшість з них

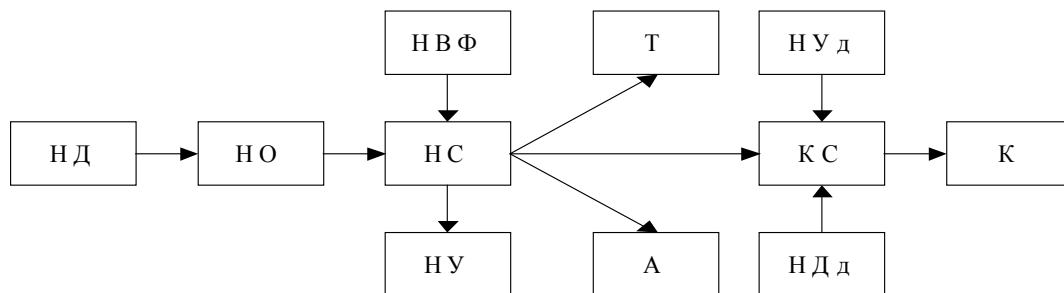
мають суттєві конструктивні недоліки: низька міцність, ненадійність, незручність у користуванні.

Одним з недоліків сільськогосподарських машин є те, що їх робочі органи не обладнані пристроями для самоочищення. Це призводить до травмування механізаторів (допоміжних працівників), які намагаються очищати робочі органи на ходу машини або при працюючому двигуні (що заборонено). Відповідно до існуючих правил таку роботу необхідно виконувати спеціальними пристроями (чистиками) при зупиненому агрегаті, а деяких машин – і при зупиненому двигуні.

Виконувати роботи під плугом, піднятим за допомогою гідromеханізмів (гідросистем), забороняється. Тому роботу можна виконувати при заглушеному двигуні і надійно зафіксованому у піднятому положенні плуга спеціальними підставками або пристроями.

4.4 Моделювання аварійних і травмо небезпечних ситуацій

Блок-схема процесу формування та виникнення травмо-небезпечних аварійних та катастрофічних ситуацій у загальному вигляді матиме вид (рис. 4.1) [25].



НВФ – небезпечний виробничий фактор; НУ – небезпечні умови; НД – небезпечні дії; НО – небезпечні обставини; НС – небезпечна ситуація; А – аварія; Т – травма; КС – критична ситуація; НУд – небезпечні умови додаткові; НДд – небезпечні дії додаткові; К – катастрофа

Рисунок 4.1 - Блок-схема процесу формування та виникнення травмо-небезпечних аварійних та катастрофічних ситуацій

ВИД РОБИТ СКЛАД АГРЕГАТУ	ВИРОБНИЧА НЕБЕЗПЕКА	
	НЕБЕЗПЕЧНА УМОВА (НУ)	НЕБЕЗПЕЧНА ДІЯ (НД)
АГРЕГАТУВАННЯ НАЧІПНОГО ПЛУГА З ТРАКТОРОМ	З'ЄДНАННЯ НАЧІПНОГО ПЛУГА З ТРАКТОРОМ ЗДІЙСНЮЄТЬСЯ ЗА ДОПОМОГОЮ РУЧНИХ ОПЕРАЦІЙ НУ	У НЕБЕЗПЕЧНІЙ ЗОНІ ЗНАХОДИТЬСЯ ОПЕРАТОР НД. МОЖЛИВИЙ РУХ ТРАКТОРА БЕЗ КОМАНДИ ОПЕРАТОРА НД ₂
ОРАНКА ТРАКТОР + НАЧІПНИЙ ПЛУГ	МОЖЛИВА ТЕХНІЧНА НЕСПРАВНІСТЬ ГІДРОСИСТЕМИ НУ. ПЛУГ НЕ ЗАФІКСОВАНИЙ У ПІДНЯТОМУ ПОЛОЖЕННІ НУ ₂	ПРИ ТЕХНІЧНОМУ ОБСЛУГОВУВАННІ ОПЕРАТОР ЗНАХОДИТЬСЯ БІЛЯ ПІДНЯТОГО ГІДРОСИСТЕМОЮ ПЛУГА НД ₂
ТРАНСПОРТУВАННЯ НАЧІПНОГО ПЛУГА	МОЖЛИВА ТЕХНІЧНА НЕСПРАВНІСТЬ ГІДРОСИСТЕМИ НУ. ПЛУГ НЕ ЗАФІКСОВАНИЙ У ПІДНЯТОМУ ПОЛОЖЕННІ НУ ₂	ПЕРЕВИЩЕННЯ ШВИДКОСТІ РУХУ ТРАКТОРА НД. РІЗЬКЕ ГАЛЬМУВАННЯ НД ₁ / ОПУСКАННЯ ПЛУГА НД ₂

Рис. 4.2 – Моделювання травмо-небезпечних аварійних ситуацій на оранці

4.5 Охорона праці при виконанні оранки

Для забезпечення безпечних умов виконання оранки машинно-тракторними агрегатами та запобігання появи небезпечних і аварійних ситуацій виконавцям (операторам-трактористам та допоміжному обслуговуючого персоналу) необхідно дотримуватися наступних правил.

- 1) Виконавцям дозволяється працювати тільки на справних орних МТА.
- 2) Перед тим, як рушити МТА з місця, а також перед підняттям і опусканням плуга тракторист повинен подати сигнал.
- 3) Під час ремонту або регулювання робочих органів виконавцям не можна перебувати під плугом, якщо він з'єднаний з трактором.
- 4) Не можна під час руху підтягувати болти, регулювати плуг, сидіти на рамі, очищати робочі органи плуга.

5) Знімати або кріпити лемеші плуга можна тільки тоді коли під польові дошки підкладено міцні колодки.

6) Не дозволяється круто та на великій швидкості повертати агрегат поблизу людей і машин.

7) Під час переїзду залізниці тракторист повинен бути обережним, щоб не зіпсувати настил переїзду, шлагбаум, та інші споруди.

8) Перед транспортуванням начіпного плуга потрібно затягнути обмежувальні ланцюги навіски і максимально підняти плуг у транспортне положення, укоротивши верхню тягу механізмів навіски.

9) Регулювання здійснювати на поворотних смугах при вимкненому двигуні трактора.

10) Очищати робочі органи плуга чистиком. Обережно поводитися з гострими частинами плуга.

4.6 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Закон “Про цивільну оборону України” визначає надзвичайну ситуацію як порушення нормальних умов життя та діяльності людей на об’єкті чи території, спричинених аварією, катастрофою, стихійним лихом, епідемією, епізоотією, великою пожежею, використання засобів ураження, що призвели чи можуть призвести до людських чи матеріальних втрат.

Постановою Кабінету Міністрів України № 1099 “Про порядок класифікації надзвичайних ситуацій” затверджено “Положення про класифікацію надзвичайних ситуацій”. Згідно з цим положенням, за характером походження подій, що зумовлюють виникнення надзвичайних ситуацій на території України, розрізняють 4 класи надзвичайних ситуацій: техногенного, природного, соціально-політичного та військового характеру. Кожен клас надзвичайних ситуацій поділяється на групи, які містять конкретні їх види.

При виконанні оранки особливу увагу необхідно приділяти потенційно небезпечним об’єктам та ситуаціям, які можуть статися випадково. При порушенні вимог з охорони праці це може призвести до травм або інших тяжких наслідків.

Основними небезпечними об’єктами та ситуаціями на оранці є:

- отруєння вихлопними газами;
- перекидання агрегату;

- травмування внаслідок наїздів;
- травмування при усуненні несправностей;
- зіткнення;
- падіння;
- загоряння агрегату.

Серед природних процесів велику небезпеку для сільського господарства України можуть створювати такі явища, як ерозія, площинний змив ґрунту, вивітрювання, зсуви, просідання лесових порід, обвали, заболочування і підтоплення. Внаслідок негативного впливу природних чинників відбуваються зміни в структурі ґрунтового покриву, що особливо характерно для схилів, де через велику розораність сільськогосподарських угідь посилюються ерозійні процеси. У місцях ерозійної діяльності ґрунти є дуже нестійкими і швидко деградують. Ерозія і дефляція (руйнування і розвіювання ґрунтів під дією вітру) вкрай несприятливі для розвитку сільського господарства явища. Гідрометеорологічну небезпеку для сільського господарства створюють сильні дощі, зливи, град, посухи, заморозки. Їх характерною особливістю є досить велика мінливість протягом року та з року в рік. Особливо небезпечними для землеробства є посухи, які за останні десятиліття значно почастишали в Україні. Нині вони є однією з небезпек для розвитку сільського господарства.

Особливим видом гідрометеорологічної небезпеки є повені. Вони можуть спричиняти руйнування засобів виробництва, розчинення хімічних засобів захисту рослин у місцях їх зберігання, забруднюючи таким чином сільськогосподарські угіддя та водні джерела. Повені вимивають родючий шар ґрунту, через них пошкоджуються посіви, руйнується виробнича інфраструктура сільського господарства. В Україні повені виникають у результаті сильних опадів або інтенсивного танення снігу та льоду в басейнах рік. Істотною причиною виникнення повеней є безладна господарська діяльність – вирубування лісів у гірській частині водозборів, несанкціоноване вибирання з русел річок гравійно-піщаної суміші, розорювання берегів до рівня води, невиконання заходів щодо убезпечення населених пунктів, сільськогосподарських угідь, посівів та врожаю від повенево-водної стихії.

З метою запобігання негативному впливу потепління клімату на сільське господарство необхідно коригувати систему управління та стратегічного

планування цієї галузі. Для адаптації до нових умов структура, спеціалізація і територіальна організація сільськогосподарського виробництва потребують наукового обґрунтування. Велике значення має поширення зрошувального і поливного землеробства, особливо в Степу. Збільшення тривалості тепло забезпечення протягом вегетаційного періоду зумовлює необхідність широкого використання на всій території країни пізньостиглих сортів зернових культур, що дозволить висівати кукурудзу на зерно і вирощувати соняшник пізніх сортів. За незначного потепління ймовірним є збільшення врожаїв сільськогосподарських культур та їх валових зборів, але якщо підвищення температури буде істотним, то можливе пошкодження культур, зростання кількості шкідників і, як наслідок, зниження якості продукції. З урахуванням змін площі й структури посівів сільськогосподарських культур, відповідно, збільшиться кормова база тваринництва, що сприятиме розвитку цієї галузі.

Організація життєзабезпечення населення в умовах надзвичайних ситуацій є комплексом заходів, спрямованих на створення і підтримання нормальних умов життя, здоров'я і працездатності людей.

Він включає:

- управління діяльністю робітників та службовців, усього населення при загрозі та виникненні надзвичайних ситуацій;
- захист населення та територій від наслідків аварій, катастроф, стихійного лиха;
- забезпечення населення питною водою, продовольчими товарами і предметами першої необхідності;
- захист продовольства, харчової сировини, фуражу, вододжерел від радіаційного, хімічного та біологічного зараження (забруднення);
- житлове забезпечення і працевлаштування;
- комунально-побутове обслуговування;
- медичне обслуговування;
- навчання населення способам захисту і діям в умовах надзвичайних ситуацій;
- розробку і своєчасне введення режимів діяльності в умовах радіаційного, хімічного та біологічного зараження;
- санітарну обробку;

– знезараження території, споруд, транспортних засобів, обладнання, сировини, матеріалів і готової продукції;

– підготовка сил та засобів і ведення рятувальних і інших невідкладних робіт у районах лиха й осередках ураження;

– забезпечення населення інформацією про характер і рівень небезпеки, порядок поведінки; морально-психологічну підготовку і заходи щодо підтримування високої психологічної стійкості людей в екстремальних умовах;

– заходи, спрямовані на попередження, запобігання або послаблення несприятливих для людей екологічних наслідків надзвичайних ситуацій та інші заходи.

5 ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ОБОРОТНОГО ПЛУГА З РЕГУЛЬОВАНОЮ ШИРИНОЮ ЗАХВАТУ

Для оцінки економічної ефективності використання орного агрегату в складі трактора John Deere 8310 і оборотного плуга Kverneland з регульованою шириною захвату, який оснащений запропонованою системою коригування поворотом навісного механізму плуга в горизонтальній площині ґрунту, порівняємо економічні витрати його роботи з аналогічним необоротним плугом цього ж бренду Kverneland.

При економічному оцінюванні ефективності роботи нового орного агрегату покладемо, що за рахунок економії часу на його холості пробіги на поворотній смузі та раціональному завантаженню трактора на оранці економія пального становитиме щонайменше 1 кг/год. А за рахунок раціональному завантаженню трактора як за тягою так і за потужністю можна економити палива щонайменше 3 кг/год. Також за рахунок виконання орним агрегатом більш якісної підготовки ґрунту (так званої «гладкої оранки») дозволить збільшити урожайність (наприклад, соняшника) щонайменше на 2%.

За методику визначення показників економічного оцінювання орного агрегату у складі оборотного плуга положимо ДСТУ 4397:2005 «Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробовування» [26]. Цей стандарт встановлює загальні положення, показники економічного оцінювання та методи їх визначення на етапі випробування нових машин.

За базовий варіант орного агрегату положимо МТА у складі трактора John Deere 8310 і звичайного плуга Kverneland, шириною захвату 3,0 м.

За новий варіант орного агрегату положимо МТА у складі трактора John Deere 8310 і оборотного плуга Kverneland з регульованою шириною захвату від 3,0 до 3,4 м.

Річний економічний ефект від експлуатації нового агрегату з урахуванням кількості та якості продукції (E_p) у гривнях визначаються за формулою:

$$E_p = (P_b - P_n) \cdot V_z + E_y, \quad (5.1)$$

де P_b, P_n – сукупні витрати на га відповідно по базовій і новій машинах, грн/га;

V_z – річний обсяг наробітку новою машиною в умовах певної природно-кліматичної зони, га;

$E_{я}$ – річний економічний ефект, отриманий за рахунок зміни кількості та якості продукції, грн.

Зональний річний обсяг наробітку новою машиною (B_3) в одиницях наробітку визначають за формулою:

$$B_3 = W_{ек} \cdot T_3, \quad (5.2)$$

де $W_{ек}$ – продуктивність нової машини за 1 год експлуатаційного часу, га/год.

T_3 – зональне річне навантаження орного агрегату, прийmemo 400, год.

$$B_{зб} = 400 \cdot 1,92 = 768,0 \text{ га.}$$

$$B_{зн} = 400 \cdot 2,04 = 819,2 \text{ га.}$$

Річний економічний ефект, отриманий за рахунок зміни кількості та якості продукції ($E_{я}$) у гривнях, визначається за формулою:

$$E_{я} = C_{ян} - C_{яб}, \quad (5.3)$$

де $C_{ян}$, $C_{яб}$ – вартість продукції, отриманої у разі застосування відповідно нової та базової машини протягом року, грн.

Вартість продукції, отриманої у разі застосування нової чи базової ($C_{я}$) у гривнях, визначають за формулою:

$$C_{я} = \sum_{j=1}^n C_j \cdot V_j, \quad (5.4)$$

де C_j – закупівельна ціна одиниці j -ї продукції, грн;

V_j – кількість j -ї продукції, одержаної у разі застосування нової чи базової машини, т.

В дипломній роботі положимо, що за рахунок виконання гладкої оранки збільшення урожайності соняшника становить щонайменше 2%. В натуральних одиницях це становитиме 32 кг/га насіння соняшника. При його вартості 18900 грн/т річний економічний ефект, отриманий за рахунок зміни кількості та якості продукції становитиме

$$E_{я} = 32 \cdot 18,9 = 604,8 \text{ грн/га.}$$

Сукупні витрати (Π) у гривнях на га визначають за формулою:

$$\Pi = I + K \cdot E_n, \quad (5.5)$$

де I – прямі експлуатаційні витрати, грн/га;

K – питомі інвестиційні вкладення, грн/га.

Коефіцієнт ефективності капітальних вкладень (E_n) визначають за формулою:

$$E_n = C_6 / 100, \quad (5.6)$$

де C_6 – ставка пільгового кредиту Національного банку України у відсотках, $C_6 = 17,5\%$.

Прямі експлуатаційні витрати (I) у гривнях на га визначають за формулою:

$$I = Z + \Gamma + A + \Phi + M, \quad (5.7)$$

де Z – затрати на оплату праці обслуговуючого персоналу, грн/га;

Γ – затрати на паливно-мастильні матеріали та електроенергію, грн/га;

P – затрати на технічне обслуговування, поточне та капітальне ремонтування, грн./га;

A – затрати на амортизацію, грн./га;

Φ – затрати на допоміжні матеріали, грн./га;

M – затрати на зберігання, страхування та монтування, грн./га.

Затрати на оплату праці обслуговуючого персоналу (Z) у гривнях на га визначають за формулою:

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n L_i \cdot t_i \cdot r_i \cdot k_D \cdot n_i}{W_{зм}}, \quad (5.8)$$

де L_i – кількість i -ої категорії виробничого персоналу, зайнятого для виконання основного технологічного процесу, технічного обслуговування та ремонтування машини (визначаються за даними випробувань), люд;

t_i – тривалість зайнятості i -го виробничого персоналу, год;

r_i – погодинна тарифна ставка оплати праці на i -му виді робіт, грн./люд.год.;

k_D – коефіцієнт, що враховує доплати до годинної ставки за продукцію, класність, стаж роботи тощо;

n_i – коефіцієнт нарахувань на заробітну плату (пенсійний фонд, соціальне страхування, фонд сприяння зайнятості);

$W_{см}$ – продуктивність машини за годину змінного часу, га/год.

$$C_a = \frac{100}{1,92} = 52,08 \text{ \$/га}.$$

$$C_i = \frac{100}{2,04} = 48,83 \text{ \$/га}.$$

Затрати коштів на паливно-мастильні матеріали (Γ) у гривнях на га визначають за формулою:

$$\Gamma = q \cdot k_n \cdot C_n, \quad (5.9)$$

де q – питомі витрати палива, кг/га, визначимо шляхом ділення номінальної годинної витрати палива (60,2 л/год, що становить 51,7 кг/год) на годинну продуктивність роботи орного агрегату з урахуванням ступеню 0,8 завантаженості двигуна трактора на оранці:

$$q_{\delta} = 51,7 \cdot 0,8 / 1,92 = 21,54 \text{ кг/га.}$$

$$q_{\delta} = (51,7 \cdot 0,8 - 4) / 2,04 = 18,24 \text{ кг/га.}$$

C_n – ціна одного літру палива грн/кг;

k_n – коефіцієнт, що враховує вартість мастильних матеріалів.

В розрахунках нами було враховано те, що економія пального при використанні плуга з регульованою шириною захвата становитиме 1 кг/га, що при комплексної вартості 1 кг дизельного пального 30 грн/кг, це дорівнюватиме 30 грн/га.

$$\Gamma_{\delta} = 21,54 \cdot 30 = 646,3 \text{ грн/га.}$$

$$\Gamma_n = 18,24 \cdot 30 = 547,3 \text{ грн/га.}$$

Затрати на капітальне, поточне ремонтування та технічне обслуговування (P) у гривнях на га визначають за формулою:

$$D = \frac{A \cdot (r_{\delta} + r_{\epsilon})}{W_{\text{ае}} \cdot T_i}, \quad (5.10)$$

де r_T – коефіцієнт відрахувань на поточний ремонт та технічне обслуговування;

r_K – коефіцієнт відрахувань на капітальний ремонт;

T_n – нормативне річне завантаження, год.

$$D_a = \frac{5180000 \cdot (0,0712)}{1340} + \frac{546875 \cdot (0,0146)}{768} = 285,63 \text{ \$/га.}$$

$$D_i = \frac{5180000 \cdot (0,0712)}{1340} + \frac{1051000 \cdot (0,0146)}{819,2} = 293,97 \text{ \$/га.}$$

Затрати на амортизацію машини (A) у гривнях на га визначають за формулою:

$$A = \frac{B \cdot a}{W_{\text{зм}} \cdot T_3}, \quad (5.11)$$

де a – коефіцієнт відрахувань на амортизацію машини. Визначають за допомогою прямолінійного методу нарахування амортизації, тобто

$$a = 1 / n, \quad (5.12)$$

де n – термін служби в роках.

$$\dot{A}_a = \frac{5180000 \cdot (0,105)}{1340} + \frac{546875 \cdot (0,125)}{768} = 494,9 \text{ \$/га}.$$

$$\dot{A}_i = \frac{5180000 \cdot (0,105)}{1340} + \frac{10510000 \cdot (0,125)}{819,2} = 566,3 \text{ \$/га}$$

Затрати на допоміжні технологічні матеріали (Φ) у гривнях на га визначають за формулою:

$$\Phi = \sum h_i \cdot C_{Ti}, \quad (5.13)$$

де h_i – питомі витрати і-го виду технологічного матеріалу, кг/га;

C_{Ti} – ціна одиниці і-го технологічного матеріалу, грн./кг.

Затрати на зберігання, страхування та монтування машин (M) у гривнях на га визначають за формулою:

$$M = \frac{\sum_{i=1}^n Z_{pi} \cdot r_i \cdot n_i + C_d + S_{ЗСМ}}{W_{ER} \cdot T_3}, \quad (5.14)$$

де Z_{pi} – затрати праці і-ої категорії працівників на доскладання та монтування устаткування, люд.-год.;

C_d – вартість матеріалів, які використані на доскладанні та монтуванні машини, грн.;

$S_{ЗСМ}$ – річні витрати на зберігання та страхування машини, грн.

$$\dot{I}_a = \frac{5180000 \cdot (0,03)}{1340} + \frac{546875 \cdot (0,03)}{768} = 137,3 \text{ \$/га}.$$

$$\dot{I}_i = \frac{5180000 \cdot (0,03)}{1340} + \frac{10510000 \cdot (0,03)}{819,2} = 154,5 \text{ \$/га}.$$

Питомі інвестиційні вкладення (K) у гривнях на га визначають за формулою:

$$K = \frac{B + K_{БУД}}{B_3}, \quad (5.15)$$

де $K_{БУД}$ – балансова вартість будівельної частини, необхідної для експлуатації машини, (вводиться в формулу за наявності різниці в обсягах будівельної частини нової та базової машини), грн.

$$\hat{E}_a = \frac{5180000 + 0}{1340} + \frac{546875 + 0}{768} = 4577,45 \text{ \$/га}.$$

$$\hat{E}_i = \frac{5180000 + 0}{1340} + \frac{10510000 + 0}{819,2} = 5148,63 \text{ \$/га}.$$

Прямі експлуатаційні витрати (I) у гривнях на га складатимуть:

$$I_{\text{б}} = 52,08 + 494,9 + 285,63 + 646,3 + 137,3 = 1616,0 \text{ грн/га.}$$

$$I_{\text{н}} = 48,83 + 547,3 + 293,97 + 576,62 + 154,5 = 1611,0 \text{ грн/га}$$

Сукупні витрати (Π) у гривнях на га складатимуть:

$$\Pi_{\text{б}} = 1616 + 4577,45 \cdot 0,175 = 2417,0 \text{ грн/га.}$$

$$\Pi_{\text{н}} = 1611 + 5148,63 \cdot 0,175 = 2512,0 \text{ грн/га.}$$

Річний економічний ефект від експлуатації нової машини з урахуванням кількості та якості продукції (E_p) у гривнях дорівнюватиме:

$$E_p = (2417,0 - 2512,0 + 604,8) \cdot 819,2 = 418049,0 \text{ грн.}$$

Річний прибуток (O) від експлуатації нової машини у гривнях визначають за формулою:

$$O = (I_{\text{б}} - I_{\text{н}}) \cdot B_z + E_{\text{я}}, \quad (5.16)$$

де $I_{\text{б}}$, $I_{\text{н}}$ – прямі експлуатаційні витрати відповідно по базовій та новій машинах на одиницю наробітку, грн/га.

$$O = (1616,0 - 1611,0 + 604,8) \cdot 819,2 = 499891,0 \text{ грн.}$$

Термін окупності додаткових інвестиційних вкладень на нову машину ($T_{\text{окд}}$) у роках визначають за формулою:

$$T_{\text{окд}} = \frac{\hat{E}_i}{\hat{I}}, \quad (5.17)$$

де K_n – сумарні інвестиційні вкладення відповідно у нову машину, грн.

$$T_{\text{окд}} = \frac{5180000 + 1051000}{499891} = 12,4 \text{ д\i e}^3\hat{a}.$$

Хоча отриманий результат окупності вкладень не є задовільний, але, та економія, яка закладена була нами за рахунок підвищення урожайності соняшника у 2,5% та зменшення витрат палива на 3 кг/год є, мабуть, мінімально можлива. Якщо при цьому отримати ефект підвищення врожайності вирощуваної культури та зменшення годинних витрат палива хоча б у двічі, то і строк окупності вкладень становитиме тоді 6 років. Але ця гіпотеза підлягає наукового обґрунтуванню

Результати розрахунку прямих експлуатаційних витрат по елементах представлено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Результати розрахунку прямих експлуатаційних витрат

Склад МТА за варіантом	Заробітна плата		Амортизація		Капітальне, поточне ремонтування, ТО		Паливо		Затрати на допоміжні матеріали		Затрати на зберігання, страхування та монтування		Всього
	грн/год	грн/га	%	грн/га	%	грн/га	кг/га	грн/га	т/га	грн/га	%	грн/га	
Базовий варіант													
John Deere 8310	100	52,08	10,5	405,9	7,12	275,2	21,54	646,3	0	0	3	116,0	1616,0
Kverneland			12,5	89,01	1,46	10,39					21,36		
Новий варіант													
John Deere 8310	100	48,83	10,5	405,9	6,38	275,2	18,24	547,3	0	0	3	116,0	1611,0
Kverneland оборотний			12,5	160,4	1,46	18,73					38,49		

Результати обчислювання показників порівняльної економічної ефективності представлено в табл. 5.2.

Результати розрахунків економічної ефективності свідчать, що використання оборотного плуга Kverneland з регульованою шириною захвата на оранці дозволить на кожному гектарі оброблювальної площі заощаджувати лише 5 грн/га, через його високу вартість у порівнянні зі звичайним плугом. Але за рахунок зменшення годинних витрат палива на 3 кг/год (що відповідає 5% зменшення витрат відносно номінальної годинної витрати палива двигуном трактора John Deere 8310) та збільшення урожайності соняшника щонайменше на 2 % за рахунок більш якісної підготовки ґрунту під посів дозволить отримати річний економічний ефект в сумі 418049,0 грн. Затрати на придбання нового оборотного плуга Kverneland при його річному зональному завантаженні окупляться за 12,4 років.

Таблиця 5.2 - Показники порівняльної економічної ефективності нового культиваторного агрегату

Найменування показника	Варіант орного МТА		Відхилення (+,-)
	Базовий John Deere 8310 Kverneland	Новий John Deere 8310 Kverneland оборотн. з рег. шир. захвату	
Балансова вартість агрегату, грн	5180000+ 546875	5180000 + 1051000	+504125
Продуктивність змінна, га/год	1,92	2,048	+0,128
Зональний наробіток, год га	400 768,0	400 819,2	0 +51,2
Затрати праці, люд.-год/га	0,52	0,48	-0,365
Прямі експлуатаційні витрати, грн/га	1616,0	1611,0	-5,0
Сукупні витрати, грн/га	2417,0	2512,0	+94,5
Річний економічний ефект, грн	-	418049	-
Річний прибуток, грн.	-	499891	-
Термін окупності додаткових інвестиційних вкладень, роки	-	12,4	-

ВИСНОВКИ

1. Аналізом перспектив використання оборотного плуга із змінною шириною захвата встановлено, що їх функціонування в складі орного МТА дозволяє раціонально використовувати потужність трактора на різних ґрунтах і забезпечує якісну оранку; економить час і знижує витрати палива; збільшує робочу швидкість на крутих ухилах; надає можливість обробітку ґрунту із великою кількістю пожнивних рештків, а також проводити точний обробіток по контуру поля та здійснювати об'їзд перешкод на ходу. Попре це проблема рівноваги плуга з регульованою шириною захвату в горизонтальній площині полягає у тому, що внаслідок цих регулювань відбувається неминучий нахил лінії тяги відносно кінематичного полюса агрегату як вправо, так і вліво, що погіршує керованість трактора і підвищує енерговитрати на процес оранки. Тому в дипломній роботі поставлена задача планування наукових та прикладних досліджень щодо розроблення методики налаштування плуга в горизонтальній площині з позиції його рівноваги за відомих параметрів трактора і плуга, а також запровадження при цьому алгоритмів створення мехатронної системи для цього процесу для розробки нової енергоощадної операційної технології оранки оборотним плугом з регульованою шириною захвату.

2. Раціональне агрегування орних МТА в складі навісних оборотних плугів з регульованою шириною захвату в системі точного землеробства можна досягти за оптимальних параметрів ширини захвату корпусів та їх кількості. Задля цього розроблена система вибору вказаних параметрів за критерієм максимальної основної продуктивності роботи агрегату та з урахуванням величини та напрямку поперечного зміщення плуга при його налаштуванні, умов ґрунтового середовища, конструктивних параметрів енергетичного засобу та режиму його роботи на оранці.

3. В результаті проведених теоретичних досліджень агрегування орних МТА з регульованою шириною захвату встановлено, що кожній значині питомого тягового опору плуга відповідає тільки одна значина кількості його корпусів та ширина захвата. При цьому графік залежності числа корпусів має оптимум першого роду, на відміну від графіку ширини захвату корпусу. Але ж, величина цього оптимуму припадає на відносно мале значення ширини корпусу. Також, слід відзначити, що при заданих вхідних умов до певних значини питомого тягового опору неможливо взагалі узгодити число корпусів плуга та ширину захвату для варіанту його симетричного навішування на ЗНМ трактора.

4. В результаті аналізу результатів моделювання процесу налаштування орного МТА з регульованою шириною захвату прийняте ефективне рішення про те, що корегувати положенням миттєвого центру повороту навісного механізму трактора практично можна змінюванням кута β повороту його нижніх тяг в горизонтальній площині. Через це кут β покладений, як параметр керуючого впливу, змінювання якого дозволяє впливати на стійкість руху орного агрегату в горизонтальній площині.

5. В результаті проведених теоретичних досліджень із застосуванням спеціалізованого програмного забезпечення та сучасних інформаційних технологій створено математичну модель, яка дозволяє встановити зв'язок кута β з величиною поперечного зміщення центру опору пліга, внаслідок змінювання ширини його захвату. Математичний аналіз якої показав, що між цими параметрами існує прямо пропорційна залежність. Водночас величина β невелика, і при поперечному зміщенні плуга на 0,5 м кут β повороту нижніх тяг навісного механізму трактора не перевищує 6 град.

Також встановлено, що між параметром поперечного зміщення миттєвого центру повороту заднього навісного механізму трактора і кутом β також існує прямо пропорційна залежність. При кутовому повороті нижніх тяг навісного механізму трактора β лише на 6 град величина поперечного зміщення центру повороту Δ при цьому становить 0,22 м.

Між параметром поздовжнього зміщення центру повороту заднього навісного механізму трактора і кутом β також існує прямо пропорційна залежність. При кутовому повороті нижніх тяг навісного механізму трактора β лише на 6 град величина поздовжнього зміщення центру повороту S_0 при цьому становить 0,05 м.

6. Отримані результати теоретичних досліджень дозволили мати підстави для оптимізації інноваційної техніко-технологічної системи автоматизованого зміщення координати миттєвого центру повороту заднього навісного механізму трактора в горизонтальній площині в залежності від поперечного зміщення центру опору плуга шляхом кутового повороту ЗНМ на необхідний для цього кут β . Розроблені рекомендації з налаштування орних МТА з регульованою шириною захвату з метою їх впровадження у системи точного землеробства.

7. В результаті моделювання процесу роботи двох орних МТА зі звичайним та оборотними плугами та проведення теоретичних досліджень з прийняттям ефективних рішень встановлено, що за практично однакової продуктивності праці порівнюваних орних агрегатів, несуттєвої різниці між невиробничими витратами

часу зміни не більше 2,7%, а також з урахуванням здійснення оранки раз у кілька років і значно вищою (у рази) вартістю оборотного плуга використання останнього з позиції збільшення змінного наробітку є сумнівним. Проте ті переваги, які використання плуга із змінною шириною захвата, зокрема, це раціональне використання потужності трактора на різних ґрунтах і забезпечення якісної оранки (адаптація до доступних тягових зусиль) дозволяє мати ту економію, яка буде отримана від підвищення кількості та якості продукції.

8. У відповідності до вимог чинного законодавства України розроблені заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях при виконанні оранки оборотними плугами із регульованою шириною захвату.

9. Результати розрахунків економічної ефективності свідчать, що використання оборотного плуга Kverneland з регульованою шириною захвата на оранці дозволить на кожному гектарі оброблювальної площі заощаджувати лише 5 грн/га, через його високу вартість у порівнянні зі звичайним плугом. Але за рахунок зменшення годинних витрат палива на 3 кг/год (що відповідає 5% зменшення витрат відносно номінальної годинної витрати палива двигуном трактора John Deere 8310) та збільшення урожайності соняшника щонайменше на 2 % за рахунок більш якісної підготовки ґрунту під посів дозволить отримати річний економічний ефект в сумі 418049,0 грн. Затрати на придбання нового оборотного плуга Kverneland при його річному зональному завантаженні окупляться за 12,4 років.