

УДК 631.37

№ держреєстрації: 0111U002562

Інв. №: 2012\_01

МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВА  
УКРАЇНИ  
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ

72312, Запорізька обл., м. Мелітополь, пр-т. Б.Хмельницького,18  
тел. (0619) 42-06-94

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Директор НДІ МЗПУ,  
д.т.н. \_\_\_\_\_ В.Т.Надикто  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2013 р.

**ЗВІТ**  
**про науково-дослідну роботу**  
(проміжний)

Програма 1 «Розробити адаптовані до умов півдня України енергоощадні технології і комплекси машин на основі нових енергетичних засобів»

Завідувач відділу: \_\_\_\_\_ д.т.н. Надикто В.Т.

Завідувач лабораторії: \_\_\_\_\_ д.т.н. Надикто В.Т.

2012

Результати роботи розглянуто НТР,  
протокол № \_\_\_ від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_\_ р.

**СПИСОК АВТОРІВ**

Відповідальний виконавець,  
доктор технічних наук,  
професор

В.Надикто  
(реферат, вступ, розділи  
1, 2, 3, висновки)

Професор

В.Кюрчев  
(розділи 1, 2, 3,  
висновки)

Доцент

М.Шабала  
(участь у 3.1, 3.3, 3.4)

Доцент

А.Аюбов  
(участь у 3.1, 3.3, 3.4)

Доцент

В.Кувачов  
(участь у 3.1, 3.3, 3.4)

Доцент

В.Овечко  
(участь у 3.1, 3.3, 3.4)

Аспірант

В.Рубанський  
(участь у 3.1, 3.3, 3.4)

Завідувач лабораторії

С.Шило  
(участь у 3.1, 3.3, 3.4)

Провідний інженер

М.Григоренко  
(участь у 3.1, 3.3, 3.4)

Провідний інженер

Т.Рева  
(участь у 3.1, 3.3, 3.4)

Старший лаборант

О.Котов  
(участь у 3.1, 3.3, 3.4)

## РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 28 с. основного тексту, 17 рис., 6 табл., 7 джерел,

Об'єкти досліджень: машинно-тракторні агрегати на основі тракторів ХТЗ-16132 і ХТЗ-17022.

Мета роботи: Розширення функціональних можливостей і ефективності використання тракторів сімейства ХТЗ-160 і ХТЗ-170 у складі машинно-тракторних агрегатів.

Методи досліджень: Лабораторно - польові роботи здійснювали з використанням оригінальних та стандартних методик. Обробку експериментальних даних проводили на ЕОМ із застосуванням основ математичної статистики, кореляційного та спектрального аналізів.

В результаті проведених досліджень:

- модернізовано просапний культиватор КРН-8,4 для здійснення ним суцільного обробітку ґрунту, проведено агрегування та лабораторно-польові дослідження вказаного знаряддя з трактором ХТЗ-17022, визначено основні експлуатаційно-технологічні показники роботи нового агрегату;
- проведено теоретичні дослідження процесу поперечних відхилень робочих органів просапних знарядь із тракторами загального (типу ХТЗ-170) та орно-просапного (типу ХТЗ-160) призначень, встановлено закономірності впливу компоувальної схеми колісного енергетичного засобу на амплітуду поперечних відхилень просапних знарядь у горизонтальній площині;
- проведено лабораторно-польові випробування трактора загального призначення ХТЗ-17022 з 12-и рядною просапною німецькою сівалкою «Optima», встановлено основні експлуатаційно-технологічні показники роботи нового агрегату;
- модернізовано плуг-чизель для здійснення глибокого смугового обробітку ґрунту для реалізації вирощування просапних (і інших) сільськогосподарських культур за новою «strip»-технологією. Здійснено агрегування та польові випробування трактора ХТЗ-17022 з модернізованим плугом-чизелем, експериментально оцінено тракторні показники руху нового МТА, а також визначено основні експлуатаційно-технологічні показники його роботи;
- на прикладі трактора ХТЗ-16132 оцінено технологічну універсальність його застосування в технології вирощування с.-г. культури.

Ключові слова: ТРАКТОР, АГРЕГАТУВАННЯ, ЗНАРЯДДЯ, ГРУНТ, МАШИННО-ТРАКТОРНИЙ АГРЕГАТ, ЕКСПЛУАТАЦІЙНО - ТЕХНОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ, ТЕХНОЛОГІЧНА УНІВЕРСАЛЬНІСТЬ

## ЗМІСТ

ВСТУП. ....	5
1 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ. ....	6
2 ОБ'ЄКТИ і МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ. ....	6
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. ....	7
3.1. Випробування ХТЗ-17022 на суцільній культивуації зябу. ....	7
3.2. Аналіз поперечних відхилень робочих органів просапних знарядь з тракторами ХТЗ. ....	10
3.3. Експериментальні дослідження ХТЗ-17022 на сівбі просапної культури. ....	17
3.4. Експлуатаційно-технологічні дослідження ХТЗ-17022 в агрегаті з плугом-чизелем. ....	20
3.5. Оцінка технологічної універсальності тракторів серії ХТЗ-160. . .	24
ВИСНОВКИ. ....	26
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ . . . . .	28

## ВСТУП

Останнім часом в науковій практиці все частіше оперують таким поняттям, як «технологічні властивості» енергетичних засобів. Загалом, визначаючи рівень універсальності, ці властивості обумовлені наявністю фронтального навісного механізму, переднього валу відбору потужності, реверсивної трансмісії і/або реверсивного посту керування, двигуна з двома рівнями потужності, наявності системи гідравлічного відбору останньої тощо. Слід підкреслити, що трактор такої комплектації потенційно придатний для його використання у складі комбінованих МТА за схемою «push-pull». Нині методики кількісної оцінки такої придатності немає.

Водночас, публічним акціонерним товариством “Харківський тракторний завод ім. С. Орджонікідзе” розроблено сімейство нових орно-просапних тракторів серії ХТЗ-160 та сімейство тракторів загального призначення серії ХТЗ-170. Головною перевагою перших, яка дійсно приваблює споживача, є універсальність. Рівень останньої досить високий, що дає можливість з максимальною ефективністю використовувати нові колісні енергетичні засоби практично на всіх видах сільськогосподарських робіт. Висока універсальність цих тракторів обумовлена наявністю переднього і заднього навісних механізмів, переднього і заднього валів відбору потужності, реверсивною трансмісією або/і реверсивним постом керування тощо.

В Україні ще не було колісного енергетичного засобу, який би в однаковій мірі ефективно використовувався як на роботах загального призначення, так і на вирощуванні просапних культур. Тракторів з подібними потенційними функціональними можливостями не має жодна з країн СНД.

Енергетичні засоби серії ХТЗ-170 відрізняються від тракторів Т-150К більшою потужністю устанавленого двигуна, іншим типорозміром шин коліс, більшою надійністю трансмісії, коробки переміни передач і т. ін.

Задовільне вирішення технологічних аспектів використання нових енергетичних засобів Харківського тракторного заводу гарантує їм ринок збуту як в межах нашої країни, так і за кордоном.

Теоретичні і експериментальні дослідження звітного року направлені на пошук шляхів практичної реалізації високих технологічних властивостей тракторів сімейства ХТЗ. Причому, як традиційних, так і нових технологічних аспектах, одним із яких є «strip»-технологія вирощування с.-г. культур.

## 1 Програма досліджень

- 1.1. Експериментальні випробування машинно-тракторного агрегату для суцільної культивації зябу
- 1.2. Теоретичні дослідження поперечних відхилень робочих органів просапних знарядь в агрегаті з тракторами ХТЗ
- 1.3. Лабораторно-польові випробування посівного МТА на базі ХТЗ-17022
- 1.4. Випробування трактора ХТЗ-17022 на чизелюванні ґрунту
- 1.5. Оцінка технологічної універсальності тракторів серії ХТЗ-160

## 2 Об'єкти і методика досліджень

Об'єктами досліджень були технологічні процеси, виконувані машинно-тракторними агрегатами на базі тракторів сімейства ХТЗ загального (ХТЗ-17022) і орно-просапного (ХТЗ-16132) призначень.

При здійсненні теоретичних досліджень використовували основні положення теоретичної механіки та теорії повороту МТА на основі колісних енергетичних засобів.

Оцінку технологічної універсальності тракторів сімейства ХТЗ-160 проводили на основі порівняння сукупних витрат різними варіантами використання машинно-тракторних агрегатів на вирощуванні сільськогосподарської культури. Розрахунок сукупних витрат здійснювали у відповідності з методикою, викладеною у ДСТУ 4397:2005.

При проведенні лабораторно-польових випробувань і досліджень застосовували як розроблені, так і стандартні методики. За оригінальними методиками визначали траєкторні показники руху машинно-тракторних агрегатів на базі трактора ХТЗ-17022.

Характеристики агрофонів (вологість ґрунту, щільність ґрунту тощо) визначали згідно із загальноприйнятими методиками.

За роботою випробовуваних машинно-тракторних агрегатів на протязі трьох контрольних змін вели хронометражні спостереження. Необхідну кількість замірів елементів змінного часу і їх похибку визначали у відповідності до вимог ГОСТ 24055 – 88 «Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробувань».

Отримані дані хронометражних спостережень обробляли на ЕОМ за методикою, викладеною в ГОСТ 24055 – 88. В якості оцінюючих параметрів приймали:

- продуктивність роботи агрегату за годину основного, змінного та експлуатаційного часу;
- витраті праці та палива;
- загальноприйняті експлуатаційно – технологічні коефіцієнти.

### 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 3.1. Випробування ХТЗ-17022 на суцільній культивациі зябу

Для суцільного (в тому числі і передпосівного) обробітку ґрунту МТА на основі тракторів тягового класу 3 [1] на практиці дуже часто використовують причіпні культиватори типу КПС (КПС-4, КШУ-12, КПС-8 тощо). Із-за причіпної технологічної частини такі агрегати є досить громіздкими і незручними в експлуатації.

Науковцями ТДАТУ модернізовано навісний культиватор КРН-8,4, який у новому варіанті дозволяє, крім міжрядного обробітку, здійснювати і суцільну культивацию зябу. Взагалі виконання цієї технологічної операції потенційно передбачено даною конструкцією знаряддя. Водночас, як показала практика, при глибині культивациі 10-12 см серійне знаряддя, із-за малої відстані між стрілчастими лапами по фронту, забивається ґрунтом.

Для усунення цього недоліку нашими науковцями в удосконаленій конструкції культиватора КРН-8,4 збільшено довжину гряділя кожної із просапних секцій і додатково обладнано їх пружинними борінками (рис. 3.1). Застосування останніх, як показали результати польових випробувань, забезпечило подрібнювання грудочок ґрунту та сприяло кращому вирівнюванню мікрорельєфу оброблюваного поля [2].



Рис.3.1 – Модернізована секція культиватора КРН-8,4

Модернізований культиватор агрегували з трактором ХТЗ-17022 без його баластування [3]. Для транспортних переїзтів використовували штатну ходову систему ґрунтообробного знаряддя (рис.3.2).



Рис.3.2 – Трактор ХТЗ-17022 з модернізованим культиватором у транспортному положенні

Перевід МТА із транспортного положення в робоче і навпаки виконував один механізатор (табл.3.1).

Таблиця 3.1

Трудомісткість агрегування посівного МТА

№ п/п	Назва операції	Тривалість, с	Трудомісткість, люд.·год.
<b>Перевід культиватора КРН-8, 4 у робоче положення</b>			
1.	Установка опорного стояка	15	0,0042
2.	Від'єднання культиватора	15	0,0042
3.	Під'їзд трактора до замка автозчіпки знаряддя	45	0,0125
4.	Навішування культиватора на трактор	10	0,0030
5.	Перестановка коліс культиватора	600	0,1700
6.	Перестановка колісного ходу культиватора	360	0,1000
7.	Демонтаж опорного стояка культиватора	15	0,0042
<b>Всього:</b>		<b>1060</b>	<b>0,300</b>
<b>Перевід культиватора КРН-8, 4 у транспортне положення</b>			
8.	Перестановка колісного ходу культиватора в робоче положення	300	0,0830
9.	Перестановка коліс культиватора в транспортне положення	660	0,1830
10.	Установка опорного стояка знаряддя	15	0,0042
11.	Від'єднання культиватора від трактора	10	0,0030
12.	Переїзд трактора до автозчіпки колісного ходу культиватора	45	0,0125
13.	Приєднання культиватора до трактора	10	0,0030
14.	Демонтаж опорного стояка культиватора	10	0,0030
<b>Всього:</b>		<b>1050</b>	<b>0,290</b>



Як виявилось, процес настроювання агрегату у робоче положення (рис.3.3) не перевищує 20 хв. Приблизно такою є і тривалість перевodu МТА із робочого в транспортне положення. Загальна трудомісткість обох процесів дорівнює 0,59 люд.-год.



Рис.3.3 - Трактор ХТЗ-17022 з модернізованим культиватором КРН-8,4 у робочому положенні

Під час проведення передпосівної культивації зябу вологість ґрунту в шарі 0...15 см становила 17,8%, а щільність – 1,23 г/см<sup>3</sup>. Забур'яненість поля була низькою.

Середня швидкість робочого руху дослідного машинно-тракторного агрегату (рис.3.4) становила 9,1 км/год. (табл.3.2). Робоча ширина захвату дорівнювала при цьому 8,2±0,1 м.

Для розвороту такого МТА ширина поворотної смуги принаймні на 30% менша, ніж для здійснення маневру агрегатом у складі цього ж трактора і причіпної зчіпки та двох культиваторів типу КПС-4.



Рис.3.4 – Трактор ХТЗ-17022 з культиватором КРН-8,4 в роботі

Таблиця 3.2

## Експлуатаційно-технологічні показники роботи культиваторного МТА

Показник	Значина
Склад МТА: трактор	ХТЗ-17022
культиватор	КРН-8,4
Умови роботи:	
- вологість ґрунту в шарі 0...15 см, %	17,6
- щільність ґрунту, г/см <sup>3</sup>	1,23
- робоча ширина захвату, м	8,2±0,1
- глибина обробітку ґрунту, см	8±1
- середня робоча швидкість руху, км/год.	9,1
Продуктивність, га/год.:	
- основного часу	7,5
- змінного часу	6,8
Витрати:	
- праці, чол.·год. /га	0,15
- палива, кг/га	3,7
Коефіцієнти використання:	
- змінного часу	0,90
- надійності технологічного процесу	0,99

Аналіз експериментальних даних показує, що за 10 годин роботи новим агрегатом можна підготувати ґрунт на площі не менше 68 га. Питомі витрати палива при цьому становлять 3,0 кг/га. У порівнянні з агрегатом у складі трактора тягового класу 3 (Т-150К) і двох культиваторів КПС-4 економія палива становить щонайменше 15%.

Новий машинно-тракторний агрегат оказав високу надійність в роботі, відсутність проблем з коливаннями у вертикальній площині [4], про що свідчить значина показника надійності технологічного процесу (див. табл.3.2).

### 3.2. Аналіз поперечних відхилень робочих органів просапних знарядь з тракторами ХТЗ

Впровадження на півдні України високоефективних 12-и рядних просапних МТА з міжряддями 70 см і нині залишається неповністю розв'язаною проблемою [5]. І це - не дивлячись на наявні потенційні можливості, оскільки ВАТ «Червона зірка» (м. Кіровоград) може випускати 12-и рядкові сівалки, ПАТ «Харківський тракторний завод ім. С. Орджонікідзе» виробляє необхідні для цього орно-просапні трактори серії ХТЗ-160, а Таврійський ДАТУ розробив і оприлюднив технологічні аспекти агрегування вказаних енергетичних засобів з широкозахватними просапними знаряддями.

Крім орно-просапних, Харківський тракторний завод виготовляє трактори загального призначення із шарнірно-зчленованою рамою серії ХТЗ-170. Проте, нині серед науковців домінує думка щодо недоцільності використання енергетичних засобів такої компоновки на вирощуванні просапних культур.

Справа в тому, що МТА на основі трактора з шарнірно-зчленованою рамою, як динамічна система, характеризується значним підсиленням вхідного сигналу у вигляді керуючого впливу. В результаті цього прямолінійність руху просапного агрегату погіршується і для поліпшення його траєкторних показників науковці пропонують обладнувати трактор спеціальним додатковим корегувальним механізмом. Проте, до теперішнього часу ця пропозиція в практичному варіанті так і не реалізована. Можливо із-за того, що це в будь-якому випадку призводить до ускладнення конструкції енергетичного засобу та його подорожчання.

Водночас, реальні показники керованості та стійкості руху того чи іншого МТА залежать як від його схеми, конструктивних параметрів і динамічних властивостей, так і від характеру впливу на нього керуючих дій збоку водія. Як буде показано нижче, за високого рівня підготовки останнього можна добитися прийнятної для виробництва якості руху просапного агрегату на базі трактора з шарнірно-зчленованою рамою навіть без застосування будь-яких корегувальних пристроїв.

Для практики експлуатації просапних МТА важливо наступне: чим менші відхилення робочих органів знаряддя від напрямку його руху під час реагування агрегату на керуючий вплив, тим краще. Як це відбувається за різних компоновочних схем МТА та його конструктивних параметрів, з'ясуємо на наступних прикладах.

Спочатку розглянемо просапний агрегат у складі трактора класичної компоновки та задньонавісного просапного знаряддя. При поданні механізатором - водієм керуючого впливу у вигляді повороту керованих коліс трактора на кут  $\alpha$  усі ланки МТА здійснюватимуть відповідний рух відносно миттєвого центру повороту, розташованого у т.О (рис.3.5).

Крайні праві робочі органи знаряддя (при погляді ззаду) відхиляться при цьому у поперечному напрямку на величину  $h_p$ , а крайні ліві – на величину  $h_d$  (на рис.3.5. не показана).

Величину переміщення  $h_p$  можна знайти із наступного виразу:

$$h_p = N_1 N_2 \cdot \sin(\gamma_p - \varphi/2),$$

де  $N_1 N_2$  – хорда дуги  $N_1 N_2$ , по якій правий крайній орган знаряддя переміщується при відпрацюванні агрегатом кута повороту керованих коліс трактора;  $\gamma_p$ ,  $\varphi$  - кути, природа яких зрозуміла із рис.3.5.

У свою чергу  $N_1 N_2 = 2 \cdot ON_1 \cdot \sin(\varphi/2)$ . А так як  $ON_1 = l_3 / \sin \gamma_p$ , то

$$h_p = 2 \cdot l_3 \cdot \sin(\varphi/2) \cdot \sin(\gamma_p - \varphi/2) / \sin \gamma_p$$

або 
$$h_p = 2 \cdot l_3 \cdot \sin(\varphi/2) \cdot [\cos(\varphi/2) - \operatorname{ctg} \gamma_p \cdot \sin(\varphi/2)]$$

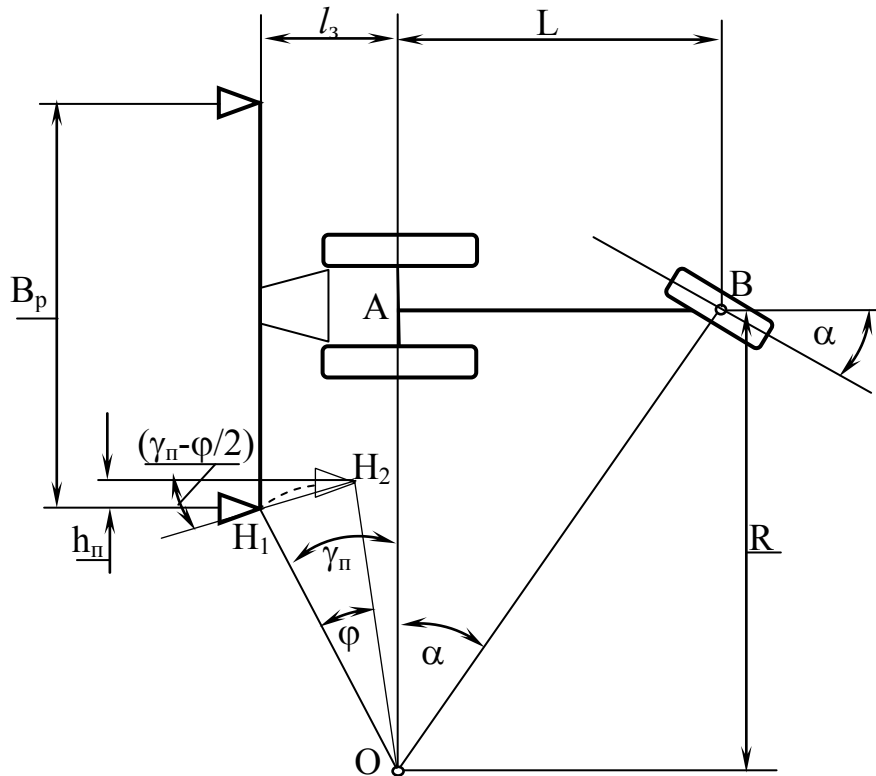


Рис.3.5 – Схема бокових зміщень робочих органів задньонавісного знаряддя при криволінійному русі просапного МТА на основі трактора серії ХТЗ-160

Із аналізу рис.3.5 випливає, що

$$\operatorname{ctg}\gamma_n = (L \cdot \operatorname{ctg}\alpha - 0,5 \cdot V_p) / l_3,$$

де  $L$  – база трактора;  $V_p$  – ширина захвату знаряддя;  $l_3$  – відстань від робочих органів знаряддя до осі задніх коліс трактора.

З урахуванням цього остаточно отримуємо:

$$h_n = l_3 \cdot \sin\varphi - 2 \cdot \sin^2(\varphi/2) \cdot L / \operatorname{tg}\alpha + V_p \cdot \sin^2(\varphi/2)$$

Як показує практика використання широкозахватних просапних МТА [4], в процесі здійснення ними прямолінійного руху кут повороту керованих коліс трактора змінюється в діапазоні  $0 \dots 6^\circ$ . Приблизно в такому ж діапазоні знаходиться при цьому і кут повороту робочих органів знаряддя  $\varphi$ . А для малих значин кутів з достатньою для практики точністю в даному випадку можна прийняти, що  $\sin\varphi \approx \varphi$ , а  $\operatorname{tg}\alpha \approx \alpha$ .

Аналогічно розмірковуючи і щодо відхилення лівих робочих органів задньонавісного знаряддя, в кінцевому рахунку отримуємо:

$$\left. \begin{aligned} h_n &= l_3 \cdot \varphi - 2 \cdot \sin^2(\varphi/2) \cdot L / \alpha + V_p \cdot \sin^2(\varphi/2); \\ h_n &= l_3 \cdot \varphi - 2 \cdot \sin^2(\varphi/2) \cdot L / \alpha - V_p \cdot \sin^2(\varphi/2) \end{aligned} \right\} \quad (3.1)$$

Тепер розглянемо таку ж саму схему приєднання просапного знаряддя до трактора з шарнірно-зчленованою рамою. В цьому варіанті миттєвим центром повороту усіх ланок МТА в горизонтальній площині є проекція на неї осі вертикального шарніру, який з'єднує піврами енергетичного засобу (т.О, рис.3.6).

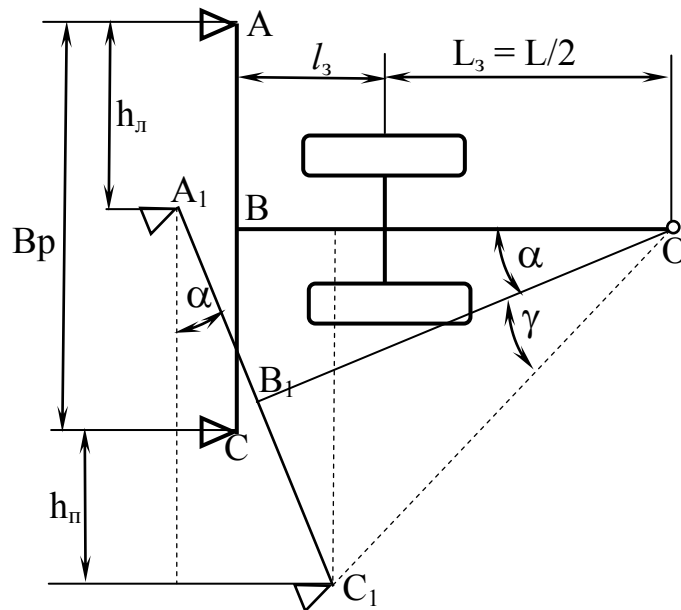


Рис.3.6 – Схема бокових зміщень робочих органів задньонавісного знаряддя при криволінійному русі просапного МТА на основі трактора серії ХТЗ-170

Керуючим впливом є кут повороту піврам  $\alpha$  (на рис.3.6 показана лише задня із них). Під дією цього впливу задньонавісне знаряддя здійснює поворот на кут  $\alpha$ . Величини поперечних зміщень його правих і лівих робочих органів описуються при цьому наступними залежностями:

$$\left. \begin{aligned} h_{\text{л}} &= (L_3 + l) \cdot \alpha - 0,5 \cdot B_p \cdot (1 - \cos \alpha); \\ h_{\text{п}} &= (L_3 + l) \cdot \alpha + 0,5 \cdot B_p \cdot (1 - \cos \alpha); \end{aligned} \right\} \quad (3.2)$$

Слід підкреслити, що системи рівнянь (3.1) і (3.2) отримані за умови відсутності кутів уводу шин передніх і задніх коліс трактора. В дійсності ж це явище має місце. Особливо при навішуванні знарядь як на задній, так і на передній навісний механізми енергетичного засобу. Комбіновані машинно-тракторні агрегати за такою схемою відомі під назвою «штовхай-тягни» («push-pull»). В Україні енергетичною базою для їх створення є орно-просапні трактори сімейства ХТЗ-160 [1].

Розглянемо такий комбінований МТА, причому з урахуванням кутів уводу шин передніх і задніх коліс енергетичного засобу (рис.3.7).

В цьому випадку вирази для визначення величин поперечних зміщень правих та лівих робочих органів навісних знарядь будуть такими:

- для задньонавісного знаряддя:

$$\left. \begin{aligned} h_{\text{п}}(h_{\text{л}}) &= [\varphi_{\text{п}} - 2 \cdot \text{ctg} \gamma_{\text{п}} \cdot \sin^2(\varphi_{\text{п}}/2)] \cdot [l_3 + L \cdot \delta_a / (\delta_a + \alpha - \delta_b)]; \\ \text{ctg} \gamma_{\text{п}} &= [L \pm 0,5 \cdot B_p \cdot (\delta_a + \alpha - \delta_b)] / [L \cdot \delta_a + l_3 \cdot (\delta_a + \alpha - \delta_b)]; \end{aligned} \right\} \quad (3.3)$$

- для фронтального знаряддя:

$$\left. \begin{aligned} d_{\text{п}}(d_{\text{л}}) &= [\varphi_{\text{ф}} + 2 \cdot \text{ctg} \gamma_{\text{ф}} \cdot \sin^2(\varphi_{\text{ф}}/2)] \cdot [L + l_{\text{ф}} - L \cdot \delta_a / (\delta_a + \alpha - \delta_b)]; \\ \text{ctg} \gamma_{\text{ф}} &= [L \pm 0,5 \cdot B_p \cdot (\delta_a + \alpha - \delta_b)] / [(L + l_3) \cdot (\delta_a + \alpha - \delta_b) - L \cdot \delta_a], \end{aligned} \right\} \quad (3.4)$$

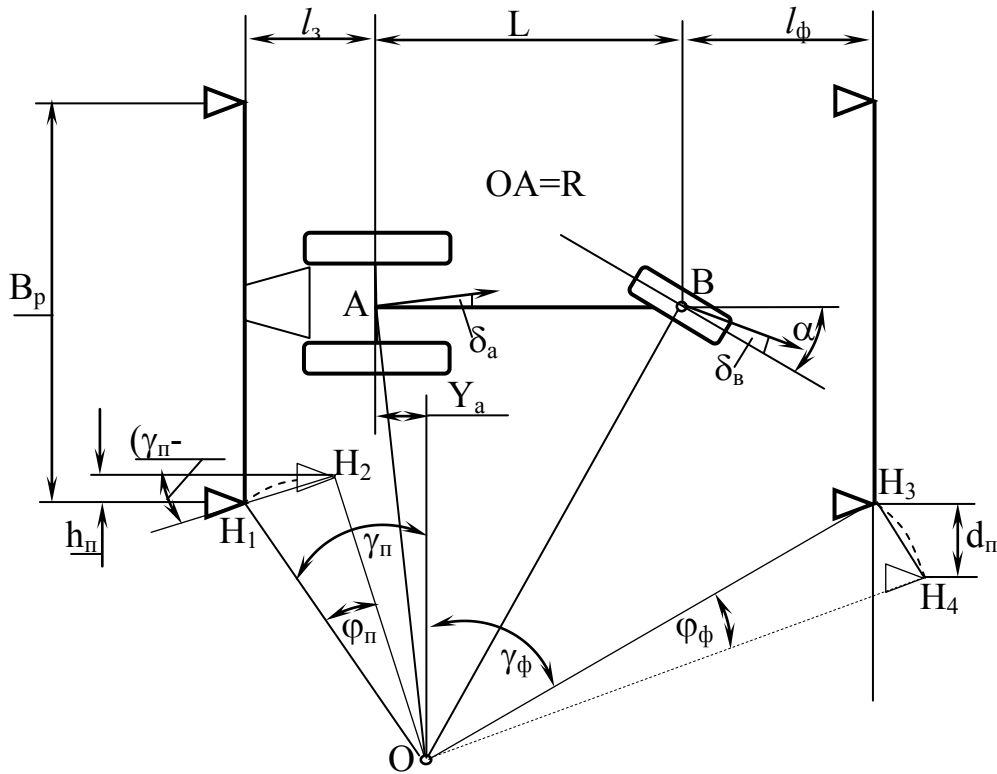


Рис.3.7 – Схема бокових зміщень робочих органів задньонавісного і фронтального знарядь при криволінійному русі просапного МТА на основі трактора серії ХТЗ-160

де  $\varphi_p, \varphi_\phi$  – кути повороту правих і лівих робочих органів задніх і фронтальних навісних знарядь;  $\gamma_p, \gamma_\phi$  – кути, природа яких зрозуміла із рис.3.7;  $l_3, l_\phi$  – відстані робочих органів задньонавісного і фронтального знарядь від осей задніх і передніх коліс трактора відповідно;  $\delta_a, \delta_b$  – кути уводу шин задніх і передніх коліс трактора;  $\alpha$  – керуючий вплив – кут повороту передніх коліс енергетичного засобу.

Зауважимо, що у рівняннях систем (3.3) і (3.4) вирази для визначення поперечних зміщень крайніх правих і крайніх лівих робочих органів однакові. Відміна полягає у формулах для визначення величин  $\text{ctg}\gamma_p$  і  $\text{ctg}\gamma_\phi$ , де після бази трактора  $L$  знак «+» відноситься до крайніх лівих, а знак «-» - до крайніх правих робочих органів.

Під час аналізу рівнянь систем (3.1 – 3.4) база тракторів і робоча ширина знарядь були постійними:  $L = 2,86$  м,  $B_p = 8,4$  м. Кут повороту керуючих коліс  $\alpha$  змінювали в діапазоні  $1 \dots 6^\circ$ . Далі приймали таке припущення, що кути повороту знарядь  $\varphi$  (рис.3.5),  $\varphi_p$  і  $\varphi_\phi$  (рис.3.7) дорівнюють куту  $\alpha$ . Кути уводу передніх та задніх шин трактора були постійними і рівними  $3^\circ$ . Параметри  $l_3$  і  $l_\phi$  змінювали в межах  $+2 \dots -2$  м.

Розрахунками встановлено, що зі збільшенням кута повороту керуючих коліс трактора поперечні відхилення робочих органів як задньонавісного, так і фронтального знарядь зростають. В якісному плані це цілком пе-

редбачуваний і логічний результат. В кількісному ж вираженні ці процеси суттєво відрізняються. У агрегаті на основі трактора з шарнірно-зчленованою рамою поперечні відхилення робочих органів задньонавісного знаряддя значно більші, ніж у аналогічного МТА на основі трактора класичної компоновки (рис.3.8).

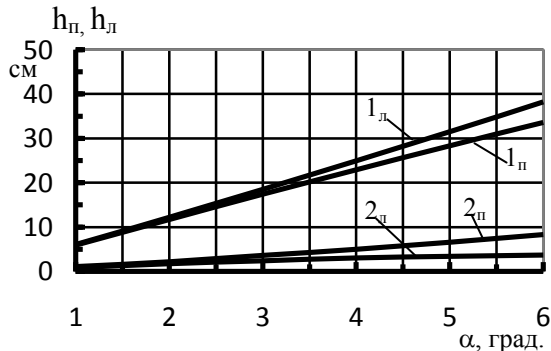


Рис.3.8–Поперечні відхилення правих (1<sub>п</sub>, 2<sub>п</sub>) і лівих (1<sub>л</sub>, 2<sub>л</sub>) робочих органів задніх знарядь, агрегатованих з тракторами з шарнірно - зчленованою (1) і жорсткою (2) рамами

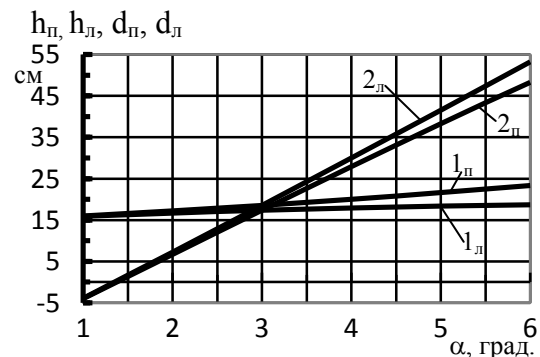


Рис.3.9–Поперечні відхилення правих (1<sub>п</sub>, 2<sub>п</sub>) і лівих (1<sub>л</sub>, 2<sub>л</sub>) робочих органів задньонавісного (1) і фронтального (2) знарядь, агрегатованих з трактором класичної компоновки

Так, при куті  $\alpha = 1^\circ$  поперечне зміщення лівих робочих органів знаряддя, навішеного на трактор з шарнірно-зчленованою рамою, у 6 разів більше, ніж у знаряддя, агрегатованого з трактором класичної компоновки (рис.3.8, лінії 1<sub>л</sub> і 2<sub>л</sub>). Зі збільшенням керуючого впливу (кута  $\alpha$ ) до  $6^\circ$  різниця у вказаному зміщенні зростає на порядок. **Саме із-за цього на практиці і не рекомендується використовувати трактори з шарнірно-зчленованою рамою у складі навісних просапних МТА.**

Розрахунками встановлено ще одну закономірність. При задньонавісному варіанті агрегування знаряддя з трактором класичної компоновки поперечні відхилення правих (в даному випадку – внутрішніх) робочих органів більші за відхилення лівих, тобто зовнішніх (рис.3.8, лінії 2<sub>п</sub> і 2<sub>л</sub>). У МТА на основі трактора з шарнірно - зчленованою рамою – навпаки (рис.3.8, лінії 1<sub>п</sub> і 1<sub>л</sub>).

Наявність бокового уводу шин трактора обумовлює свої кількісні зміни процесів поперечних відхилень робочих органів навісних знарядь при відпрацюванні МТА керуючого впливу. У комбінованого агрегату на базі енергетичного засобу з жорсткою рамою та врахованим уводом шин поперечні відхилення робочих органів задньонавісного знаряддя більші (рис.3.9, лінії 1<sub>п</sub> і 1<sub>л</sub>), ніж у такого ж знаряддя на основі цього ж трактора, але без урахування уводу шин (рис.3.8, лінії 2<sub>п</sub> і 2<sub>л</sub>). За керуючого впливу  $\alpha \leq 3^\circ$  перші є більшими навіть у порівнянні з МТА на базі енергетичного засобу з шарнірно-зчленованою рамою (рис.3.8, лінії 1<sub>п</sub> і 1<sub>л</sub>).

Залежності поперечних відхилень робочих органів фронтального знаряддя відрізняються найбільшою крутизою (рис.3.9, лінії  $2_{\text{п}}$  і  $2_{\text{л}}$ ). При  $\alpha \geq 5^\circ$  вони є найбільшими і перевищують 40 см.

Водночас, при керуючому впливові, меншому за  $1,5^\circ$ , поперечні відхилення робочих органів фронтального знаряддя навіть змінюють свій напрямок (на рис.3.9 це відображено значинами  $d_{\text{п}}$  та  $d_{\text{л}}$  з від'ємним знаком). Такий результат обумовлений саме наявністю кутів уводу шин енергетичного засобу. Причому, зі збільшенням значин  $\delta_a$  і  $\delta_b$  поперечні переміщення фронтальних знарядь теж збільшуються.

Віддалення передньо- і задньонавісного знарядь від осей енергетичного засобу є небажаним, оскільки в цьому випадку зростають відхилення їх робочих органів. Водночас, при зворотній дії (тобто наближенні знарядь) ці відхилення зменшуються і навіть змінюють знак.

Проте, аби кількісно оцінити ці процеси, розглянемо ще дві схеми МТА. За першої технологічна його частина складається із трьох знарядь: одного задньонавісного і двох передніх бокових. За другої – навпаки: одного фронтального і двох задніх бокових. Причому, ширина захвату кожного із знарядь складає третину від величини  $B_p$ , тобто  $8,4/3=2,8$  м. Практичні аспекти агрегування МТА за такими схемами всебічно розглянув Надикто В.Т. при дослідженні ним модульних енергетичних засобів (МЕЗ) перемінного тягового класу [6].

В результаті маємо наступне. За кута повороту керованих коліс трактора на  $6^\circ$  переміщення передніх бокових знарядь на одну лінію з його передніми колесами ( $l_{\text{ф}} = 0$  м) дозволяє зменшити поперечні відхилення правих (для прикладу) робочих органів в 1,75 рази (лінії 1 і 2, рис.3.10). Подальше зміщення бокових знарядь за вісь енергетичного засобу на 2 м дає можливість зменшити ці відхилення ще в 4 рази (лінії 2 і 3, рис.3.10).

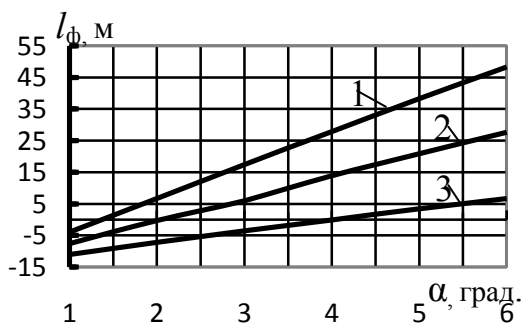


Рис.3.10 – Поперечні відхилення правих робочих органів переднього бокового знаряддя при різному його розміщенні від осі трактора ( $l_{\text{ф}}$ ): 1-(+2) м; 2-0 м; 3 – (-2) м

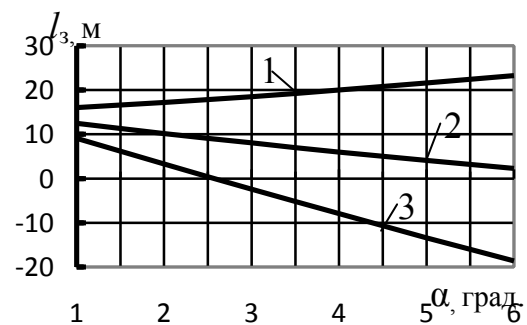


Рис.3.11 – Поперечні відхилення правих робочих органів заднього бокового знаряддя при різному його розміщенні від осі трактора ( $l_{\text{з}}$ ): 1-(+2) м; 2-0 м; 3– (-2) м



Більш цікава ситуація має місце при аналогічному зміщенні задніх бокових знарядь. При їх розташуванні на одній лінії з віссю задніх коліс енергетичного засобу (лінія 2, рис.3.11) переміщення робочих органів зменшуються. Причому, навіть при збільшенні кута повороту керованих коліс трактора. При подальшому зміщенні вперед задніх бокових знарядь на відстань 2 м (лінія 3, рис.3.11) поперечні відхилення їх робочих органів спочатку зменшуються до нуля (коли  $\alpha \leq 3^\circ$ ), а потім зростають у зворотному напрямі.

Аналіз показує, що коли зупинитися на схемі МТА з центрально навішеними знаряддями, то при зміні керуючого впливу в інтервалі  $1...3^\circ$  отримаємо підвищені поперечні відхилення робочих органів заднього із них (лінія 1, рис.8). При  $\alpha = 3...6^\circ$  більше зміщуватимуться робочі органи фронтального знаряддя (лінія 1, рис.3.10).

З компромісної точки зору щодо поперечних відхилень робочих органів найбільш раціональною є схема машинно-тракторного агрегату з центральним (лінія 2, рис.3.11) і двома бічними передніми знаряддями, розташованими ззаду осі передніх коліс трактора на відстані до 2 м (лінія 3, рис.3.10). В цьому випадку поперечні відхилення їх робочих органів будуть знаходитися в інтервалі приблизно  $0...10$  см. Проте, для роботи в міжряддях просапних культур і цього може виявитися забагато.

### 3.3. Експериментальні дослідження ХТЗ-17022 на сівбі просапної культури

Для оцінювання кривизни траєкторій сходів просапних культур нами запропоновано новий частотно-дисперсійний показник [5]. Згідно з ним непрямолінійність рядків є прийнятною тоді, коли дисперсія (D) і частота зрізу нормованої спектральної щільності їх коливань ( $\omega_c$ ) відповідають наступним вимогам:

$$\begin{aligned} D &\leq 12,50 \text{ см}^2; \\ \omega_c &\leq 0,25 \text{ м}^{-1} \end{aligned} \quad (3.5)$$

Експериментальні дослідження проводили агрегатом у складі трактора з шарнірно-зчленованою рамою серії ХТЗ-170 та 12-и рядної просапної сівалки «Ортіма» (рис.3.12). Механізатора для цього МТА було вибрано після проведення спеціального експерименту, методика якого полягала в наступному. На підготовленому полі для сівби просапних кілька механізаторів здійснювали пробні проходи агрегатом у складі універсально-просапного трактора МТЗ-82 та сівалки СУПН-8. До подальшого експерименту вибрали того водія, під керуванням якого траєкторні показники даного посівного агрегату відповідали вимогам частотно-дисперсійного показника (3.5).

Під час випробувань вологість ґрунту в шарі  $0...15$  см становила 17,8%, а щільність –  $1,39 \text{ г/см}^3$ .



Рис.3.12 – Трактор загального призначення ХТЗ-17022 в агрегаті з просапною 12-и рядною сівалкою «Optima»

Посівний агрегат рухався зі швидкістю 7,85 км/год. (2,2 м/с). За робочої ширини захвату МТА 8,4 м продуктивність його роботи за час основного часу становила 6,6 га (табл.3.3).

Таблиця 3.3

Експлуатаційно-технологічні показники роботи посівного МТА

Показник	Значина
Склад МТА: трактор сівалка	ХТЗ-17022 «Optima»
Умови роботи:	
- вологість ґрунту в шарі 0...15 см, %	17,8
- щільність ґрунту, г/см <sup>3</sup>	1,39
- робоча ширина захвату, м	8,4
- кількість рядків	12
- середня робоча швидкість руху, км/год.	9,0
Продуктивність, га/год.:	
- основного часу	7,6
- змінного часу	5,5
Витрати палива, кг/га	5,3
Коефіцієнти використання:	
- змінного часу	0,73
- надійності технологічного процесу	0,98

Тиск повітря в шинах трактора ХТЗ-170 було зменшено до 0,9 мПа – у передніх, і до 0,8 мПа – у задніх рушіях. Завдяки цьому загортання насіння соняшнику по слідах коліс енергетичного засобу здійснювалось практично на ту ж глибину, що і на основному агрофоні.

Після появи сходів заміряли траєкторію рядка та ширину стикового міжряддя, на основі чого розраховували дисперсії ( $D$ ) та нормовані спектральні щільності  $[S(\omega)]$  коливань вимірюваних параметрів.

Аналіз отриманих результатів показав, що обидва реєстровані процеси є низькочастотними. Основна частка дисперсій їх коливань ( $D_1$  і  $D_2$ ) зосереджена в досить вузькому діапазоні частот:  $0 \dots 2 \text{ м}^{-1}$  (рис.3.13). За швидкості руху агрегату  $2,2 \text{ м/с}$  – це  $0 \dots 4,4 \text{ с}^{-1}$  або  $0 \dots 0,7 \text{ Гц}$ . Частота зрізу обох спектральних щільностей при цьому практично однакова і становить  $\omega_c = 0,90 \text{ м}^{-1}$ .

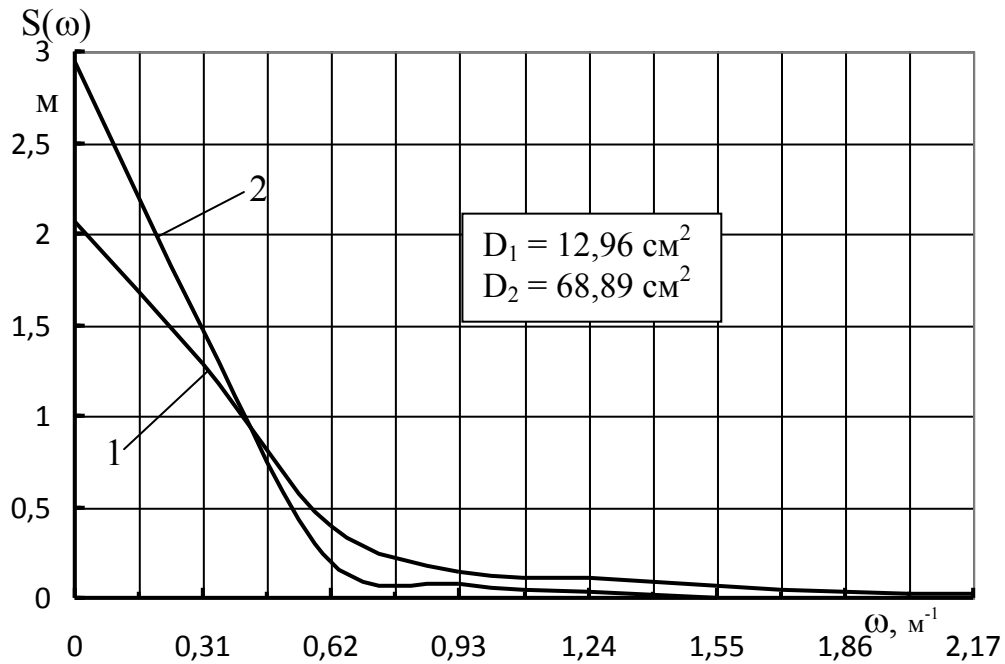


Рис.3.12 – Нормовані спектральні щільності коливань траєкторій рядків (1) та стикових міжрядь (2) сходів соняшнику, посіяного МТА на основі трактора ХТЗ-170

Як засвідчують дані рис.3.12, за дисперсією коливання траєкторії рядків соняшнику, посіяного машинно-тракторним агрегатом на основі трактора із шарнірно - зчленованою рамою, практично відповідають бажаним, а за частотою – ні. Коливання ширини стикових міжрядь за обома числовими характеристиками частотно-дисперсійного показника більші за нормативні.

Наступним кроком досліджень було проведення міжрядного обробітку сходів соняшнику, посіяного 12-и рядним дослідним агрегатом. Для здійснення цієї технологічної операції використовували МТА у складі трактора МТЗ-82 та шестирядного культиватора КРН-5,6.

Як виявилось, пошкодження культурних рослин хоча і мало місце, але воно не перевищувало  $0,5\%$ . Причому, як при обробітку основних рядків з установочною захисною зоною  $13 \text{ см}$ , так і стикових міжрядь, ширина яких становила  $69,0 \pm 1,7 \text{ см}$ , а захисна зона –  $15 \text{ см}$ .

### 3.4. Експлуатаційно-технологічні дослідження ХТЗ-17022 в агрегаті з плугом-чизелем

Серед існуючих нині технологій вирощування на півдні України просапних культур певне місце займали і займатимуть ті, де передбачено осінній основний обробіток ґрунту. Незалежно від того, полицевий чи ні, він здійснюється на задану глибину суцільною смугою. А багаторічною практикою встановлено, що навіть без перевертання скиби ґрунту це потребує великих затрат енергії.

Виходячи з цього, виникає питання: чи не можна її заощадити шляхом здійснення осіннього основного обробітку ґрунту на задану глибину ( $h$ ) смугами певної ширини ( $b$ ). Причому, крок прокладання цих розпушених смуг має дорівнювати прийнятій ширині міжрядь тієї чи іншої вирощуваної просапної культури ( $H$ , рис.3.13).

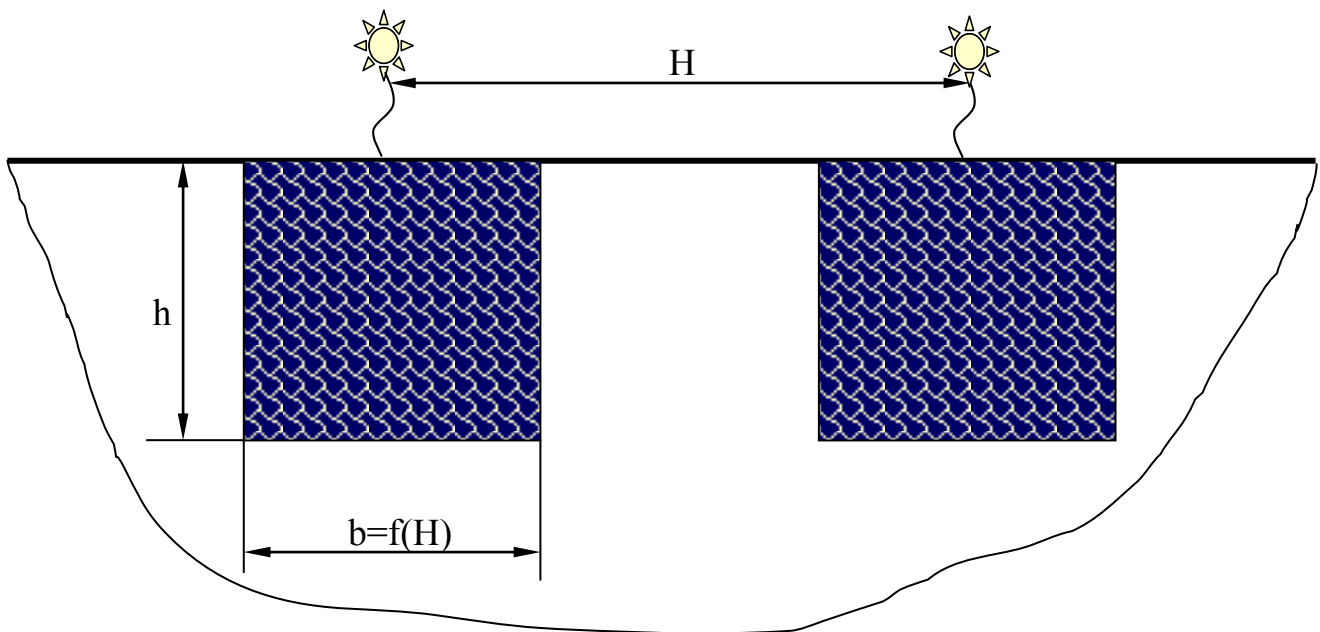


Рис.3.13 - Схема смугового основного обробітку ґрунту.

Оскільки у міжсмуговому просторі основний обробіток ґрунту при цьому не здійснюється, то це і є передумовою зменшення енергетичних витрат в новій технології вирощування просапних культур. Слід сказати, що на заході вона має назву «strip» - смуга.

В минулому ми здійснювали спробу реалізувати цю технологію на базі трактора ХТЗ-120 [6]. Аналіз отриманих результатів показав, що для впровадження нового технологічного процесу слід, в першу чергу, правильно вибрати знаряддя для проведення смугового обробітку ґрунту.

Виходячи із цього, в поточному році ми створили агрегат у складі трактора ХТЗ-170 та плуга-чизеля (рис.3.14).



Рис.3.14 – Трактор ХТЗ-17022 з модернізованим плугом-чизелем

В якості останнього використали знаряддя ПЧ-4,5, у якого залишили лише 5 робочих органів, розставлених на рамі з інтервалом 70 см (рис.3.15).

Випробування нового агрегату проводили у листопаді місяці на основному обробітку ґрунту – глибокому обробленні смуг (табл.3.4).

Таблиця 3.4

Експлуатаційно-технологічні показники роботи  
ґрунтообробного МТА

Показник	Значина
Склад МТА: трактор	ХТЗ-17022
знаряддя	плуг-чизель
Умови роботи:	
- робоча ширина захвату, м	3,58±0,02
- дійсна ширина розпушування ґрунту, м	2,00±0,05
- кількість рядків	5
- глибина обробітку ґрунту, см	27,3±0,8
- середня робоча швидкість руху, км/год.	6,7
Продуктивність, га/год.:	
- основного часу	2,4
- змінного часу	2,1
Витрати палива, кг/га	9,2
Коефіцієнти використання:	
- змінного часу	0,88
- надійності технологічного процесу	0,97

Слід підкреслити, що умови роботи МТА були екстремальними. Вологість ґрунту в шарі 0...30 см в середньому не перевищувала 4%, а щільність –  $1,49 \text{ г/см}^3$ . Такий стан ґрунту на дослідному полі виконавцями зафіксовано вперше за останні 30 років.



Рис.3.15 – Трактор ХТЗ-17022 в агрегаті з модернізованим плугом-чизелем

Установочна глибина обробітку ґрунту становила 30 см. В дійсності середня значина цього показника дорівнювала  $27,3 \pm 0,8$  см.

Коливання траєкторій слідів плуга-чизеля мають низькочастотний характер. Довжина кореляційного зв'язку для цих коливань становить не менше 14 м (рис.3.16). Повністю кореляція зникає лише через 50 м.

Наявні коливання носять суто випадковий характер. Це підтверджується характером протіканням нормованої кореляційної функції, у якої відсутня періодична складова.

Тепер що стосується енергії цього процесу (тобто розподілу дисперсії по частотах). Відомо [6], що частота зрізу коливань випадкового процесу ( $\omega_c$ ) визначається при значині нормованої спектральної щільності  $[S(\omega)]$ , яка становить приблизно 5% від значини  $S(\omega)$  за частоти  $\omega_0 = 0$ .

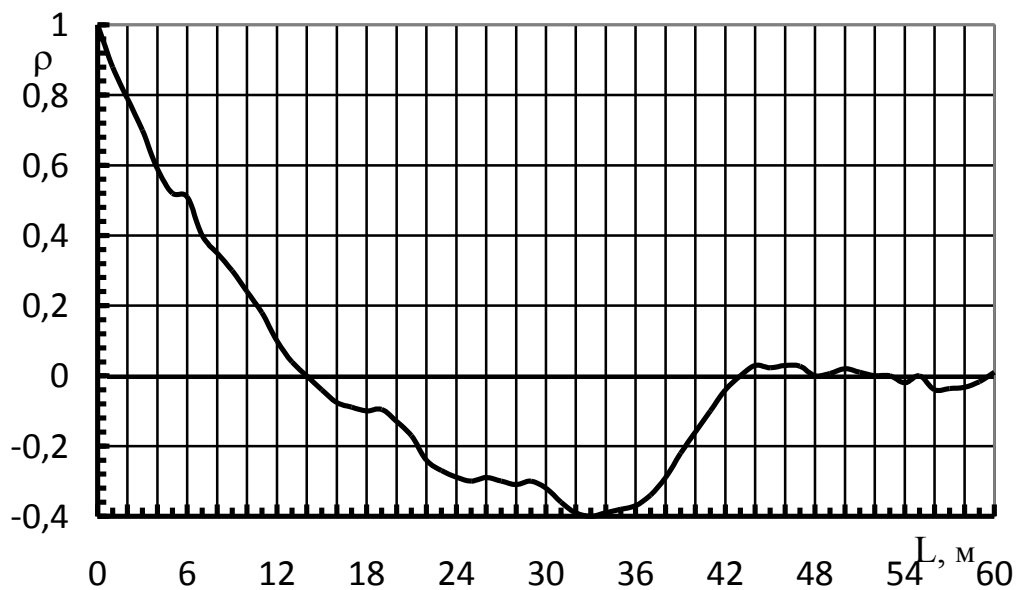


Рис.3.16 – Нормована кореляційна функція коливань траєкторії сліду чизеля-культиватора

Оскільки в нашому випадку  $S(\omega_0)=4,16$  м (рис.3.17), то  $S(\omega_c) = 0,05 \cdot 4,16 = 0,21$  м. Звідси шукана частота зрізу нормованої спектральної щільності процесу коливань траєкторій слідів плуга-чизеля  $\omega_c = 0,44$  м<sup>-1</sup>. Це майже вдвічі перевищує вимоги частотно-дисперсійного показника (3.5). Водночас, дисперсія аналізованих коливань (11,55 см<sup>2</sup>) вимогам даного показника відповідає.

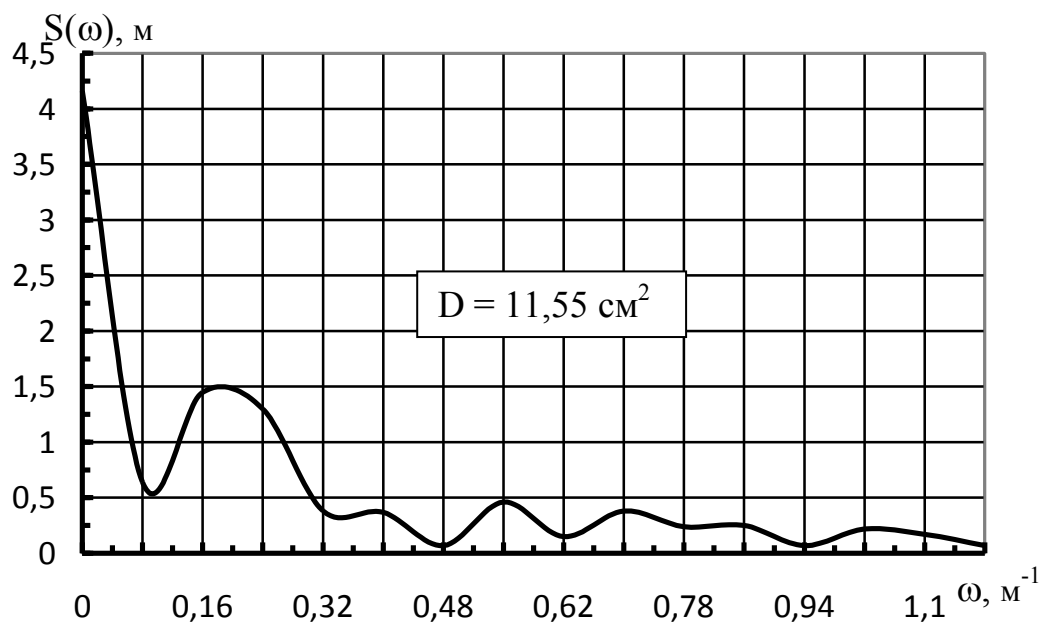


Рис.3.17 – Нормована спектральна щільність коливань траєкторії сліду чизеля-культиватора

### 3.5. Оцінка технологічної універсальності тракторів серії ХТЗ-160

У журналі «Агроном» №2 за 2009 р. приведено приклади ефективного господарювання кількох фермерів з різних областей України. Аналіз запроваджених ними технологій показав, що більшість із представлених аграріїв на вирощуванні однієї лише культури площею від 40 до 300 га використовують 4-5 різних енергетичних засобів (табл.3.5). Причому, більшість із них – закордонного виробництва.

Таблиця 3.5

Комплекси тракторів, застосовуваних фермерами на вирощуванні сільськогосподарських культур

Фермер	Зона	Культура	Площа поля, га	Трактори
М.П.Яцун	Черкаська обл.	соняшник	40	1. Т-150К 2. Т-150 3. МТЗ-80 4. «Джон Дір»
А.Г.Іщенко	Полтавська обл.	кукурудза	319	1. «Кейс 8920» 2. «Кейс STX 500» 3. «Кейс 9390» 4. «Кейс 7250» 5. «Кейс МХ 285»
Л.М.Фесик	Чернігівська обл.	ярий ячмінь	114	1. К-700 2. «Нью Холанд» 3. МТЗ-80 4. Т-150
Д.Ю.Васильєв	Кіровоградська обл.	соняшник	90	1. «Кейс» 2. Т-150 3. ЮМЗ-82 4. МТЗ-1025
		цукровий буряк	150	1. Т-150 2. «Кейс» 3. МТЗ-100 4. Т-70 5. МТЗ-82
В.В.Леган	Хмельницька обл.	цукровий буряк	179	1. «Кейс» 2. МТЗ-82 3. «Джон Дір» 4. «Фендт»

Для подальшого аналізу взяли енерготехнологічний комплекс фермера А.Г.Іщенка з Полтавської обл., який побудований на базі лише закордонних



тракторів марки «Кейс», і порівняли його з аналогічним комплексом, складеним на основі трактора серії ХТЗ-160, а саме - ХТЗ-16132 (табл.3.6).

Таблиця 3.6

Технологічна карта здійснених агрозаходів на вирощуванні кукурудзи

Операція	Агровимоги	Варіант А.Г.Іщенко		Новий варіант	
		трактор	машина	трактор	машина
Внесення добрив	Амофос, ТЗ 10:52 75 кг/га фізичної ваги	<b>Кейс 8920</b>	розкидач «Оверум»	<b>ХТЗ-16132</b>	МВУ-12
Чизелювання ґрунту	Глибина – 18 см	<b>Кейс STX500</b>	чизель Джон Дір-2400	<b>ХТЗ-16132</b>	плуг- чизель ПЧ-2,5
Глибоке розпушення ґрунту	Глибина – 25 см	<b>Кейс 9390</b>	розпушувач DMI - 730	<b>ХТЗ-16132</b>	розпушувач ПРПВ-5-50
Внесення добрив	Безводний аміак, 120 кг/га	<b>Кейс 7250</b>	DMI – 5310	<b>ХТЗ-16132</b>	АША-2
Закриття вологи		<b>Кейс MX 285</b>	борона «Макфайн»	<b>ХТЗ-16132</b>	БЗП-24,5

У якості основного критерію оцінювання приймали сукупні витрати при вирощуванні кукурудзи на площі 319 га на здійсненні тих агротехнічних заходів, які реалізовані фермером А.Г.Іщенком (див. табл.3.5).

Аналіз отриманих розрахунків показав, що при застосуванні комплексу А.Г.Іщенко завантаженість п'яти його тракторів при вирощуванні кукурудзи на площі 319 га становить 315 год. В середньому на один енергетичний засіб припадає 63 год.

При виконанні вітчизняним комплексом машин тих же самих операцій потрібно не **п'ять**, а лише **один** трактор ХТЗ-16132, сумарне завантаження якого становитиме 516 год.

Загальні витрати праці при реалізації комплексу А.Г.Іщенко становитимуть 415 люд.-год., в той час як при застосуванні вітчизняного – 630 люд.-год. Це в 1,5 рази більше. Але важливо те, що тривалість виконання розглянутих технологічних операцій комплексом машин на основі ХТЗ-16132 не перевищує агротехнічно допустимі строки.

За всіма іншими показниками перевагу має вітчизняний комплекс. Так, вартість витрачених на паливно-мастильних матеріалів коштів у нього менша у 2,7 рази, експлуатаційні витрати менші у 1,7 рази, капітальні (інвестиційні) вкладення – у 6 разів, і, нарешті, сукупні витрати – у 2,1 рази.

## ВИСНОВКИ

1. Використання трактора ХТЗ-17022 з культиватором КРН-8,4, переобладнаним для суцільної культивації зябу, дозволяє отримати новий компактний ґрунтообробний агрегат. Дійсна ширина смуги, необхідної для його повороту, принаймні на 30% менша, ніж для здійснення маневру агрегатом у складі цього ж трактора і причіпної зчіпки та двох культиваторів типу КПС-4.
2. Машинно-тракторним агрегатом у складі трактора ХТЗ-17022 та модернізованого культиватора КРН 8,4 за 10 год. праці можна підготувати ґрунт на площі не менше 68 га. У порівнянні з аналогічним базовим агрегатом на основі трактора тягового класу 3 (Т-150К) і двох культиваторів типу КПС-4 економія палива становитиме при цьому щонайменше 15%.
3. Зі збільшенням кута повороту керованих коліс трактора поперечні відхилення робочих органів як задньонавісного, так і фронтального просапних знарядь зростають. Причому, у агрегаті на основі трактора з шарнірно-зчленованою рамою поперечні відхилення робочих органів задньонавісного знаряддя значно більші, ніж у аналогічного МТА на основі трактора класичної компоновки.
4. При задньонавісному варіанті агрегування знаряддя з трактором класичної компоновки поперечні відхилення правих (внутрішніх) робочих органів більші за відхилення лівих, тобто зовнішніх. У машинно-тракторного агрегату на основі трактора з шарнірно - зчленованою рамою – навпаки.
5. Застосування трактора серії ХТЗ-160 на вирощуванні просапних культур найбільш доцільне за схеми МТА з центральним задньонавісним та двома бічними знаряддями, навішеними за віссю передніх коліс трактора на відстані до 2 м.
6. За дисперсією коливання траєкторії рядків соняшнику, посіяного машинно-тракторним агрегатом на основі трактора ХТЗ-17022, практично відповідають бажаним, а за частотою – ні. Коливання ширини стикових міжрядь за обома числовими характеристиками частотно-дисперсійного показника більші за нормативні. Водночас, використання трактора з шарнірно-зчленованою рамою на вирощуванні просапних культур можливе за умови здатності водія-механізатора здійснювати прямолінійний рух МТА, траєкторні показники якого відповідають вимогам нового частотно - дисперсійного показника (3.5).

7. Коливання траєкторій слідів чизеля-культиватора, агрегованого з трактором ХТЗ-17022, хоча і носять низькочастотний характер, але вимогам показника (3.5) відповідають лише за дисперсією. Частота реальних коливань траєкторій ґрунтообробного знаряддя перевищує вимоги частотно-дисперсійного показника майже вдвічі.
8. Далеко не завжди використання закордонної техніки (та ще й у невиправданому розширеному асортименті) забезпечує бажану ефективність с.-г. виробництва. Застосування комплексів машин на основі високоуніверсальних вітчизняних енергетичних засобів з розширеними технологічними властивостями може привести до більш високого техніко-економічного результату.
9. В наступних роках слід продовжити дослідження в наступних напрямках:
  - випробування агрегатів на основі тракторів сімейства ХТЗ на сівбі просапних культур за «strip»-технологією;
  - розробка МТА для основного смугового обробітку ґрунту одночасно з внесенням мінеральних добрив;
  - лабораторно-польові випробування агрегату для внесення добрив з одночасним мілким обробітком ґрунту;
  - розробка на базі рами культиватора КРН-8,4 зчіпки для агрегування двох причіпних зернових сівалок типу СЗ-5,4;
  - розробка напівнавісної зчіпки для реалізації на базі трактора серії ХТЗ-160 18-и та 24-и рядних систем вирощування просапних культур з міжряддями 70 см.

## СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Безуглий М.Д. et al. Чи потрібен Україні типаж тракторів // Вісник аграрної науки. 2009. № 7. Р. 55–58.
2. Nadykto V. et al. The Efficiency of Tractor Application with Articulated Frame for Cultivating Arable Crops // Modern Development Paths of Agricultural Production / ed. Nadykto V. Cham: Springer International Publishing, 2019. P. 161–167.
3. Надикто В. Проблеми баластування колісних тракторів // Техніка і технології АПК. Український науково-дослідний інститут прогнозування та випробування техніки~..., 2013. № 2. Р. 7–9.
4. Bulgakov V. et al. Theory of vertical oscillations and dynamic stability of combined tractor-implement unit // Agron. Res. 2016. Vol. 14, № 3. P. 689–710.
5. Надикто В.. Т., Назарова О.П., Черная Т.С. Частотно-дисперсионный показатель оценки непрямолинейности рядов пропашных культур // Тракторы и сельхозмашины. 2009. № 8. Р. 15–17.
6. Bulgakov V. et al. Structure Development and Results of Testing a Novel Modular Power Unit // Agriculture and Agricultural Science Procedia. Elsevier Srl, 2015. Vol. 7, № 2000. P. 40–44.