

УДК 631.37

№ держреєстрації: 0111U002562

Інв. №: 2011_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
«__» _____ 2012 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.

2011

Результати роботи розглянуто НТР,
протокол № __ від «__» _____ 2012 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 3.3.1-3.3.4)
Доцент	А.Аюбов (участь у 3.3.1-3.3.4)
Доцент	В.Кувачов (участь у 2, 3.2)
Доцент	В.Овечко (участь у 3.3.1-3.3.3)
Аспірант	В.Рубанський (участь у 3.3.1-3.3.3)
Аспірант	О.Шульга (участь у 3.3.3)
Завідувач лабораторії	С.Шило (участь у 3.3.1-3.3.3)
Провідний інженер	М.Григоренко (участь у 3.3.1-3.3.3)
Провідний інженер	Т.Рева (участь у 3.3.1-3.3.3)
Старший лаборант	К.Мовчан (участь у 3.3.1-3.3.3)
Технік	О.Котов (участь у 3.3.1-3.3.3)

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 39 с. основного тексту, 26 рис., 8 табл., 7 джерел

Об'єкти досліджень: методика оцінки технологічної придатності тракторів для роботи у складі комбінованих МТА; алгоритм обґрунтування структури МТА для реалізації колійної системи землеробства; машинно-тракторні агрегати на основі тракторів ХТЗ-16132 і ХТЗ-17022.

Мета роботи: Розширення функціональних можливостей і ефективності використання нових тракторів у складі машинно-тракторних агрегатів.

Методи досліджень: Теоретичні дослідження проводили із використанням статистичного моделювання, аналізу літературних джерел. Лабораторно - польові роботи здійснювали з використанням відповідних вимірювальних приладів. Запис вимірюваних параметрів реалізовували з допомогою аналогово-цифрового перетворювача. Обробку експериментальних даних проводили на ЕОМ із застосуванням основ математичної статистики, кореляційного та спектрального аналізів.

В результаті проведених досліджень:

- запропоновано нову методику оцінки технологічної придатності тракторів для роботи у складі комбінованих МТА;
- розроблено блок-схему моделювання складу МТП для реалізації колійної системи землеробства;
- виявлено умови агрегування трактора серії ХТЗ-160 з серійним плугом ПЛН-5-35, модернізовано вказане орне знаряддя, визначено експлуатаційно-технологічні показники орного МТА у складі трактора ХТЗ-16132 і п'ятикорпусного переробленого плуга ПЛН-5-35;
- здійснено агрегування трактора серії ХТЗ-160 з 12-и рядною просапною сівалкою (ширина захвату 8,4 м), визначено експлуатаційно-технологічні показники просапного МТА у складі трактора ХТЗ-16132 і сівалки «Optima», проаналізовано вплив асиметричного приєднання сівалки на прямолінійність руху посівного агрегату;
- проведено експлуатаційно-технологічні випробування трактора ХТЗ-16132 в агрегаті із фронтально навішеною шестиметровою валковою жниваркою і задньонавісною дисковою бороною, ширина захвату якої становить 3,15 м;
- розроблено технологічну схему орно-удобрювального агрегату на основі трактора сімейства ХТЗ-160, здійснено агрегування трактора ХТЗ-16132 з фронтально навісним розкидачем мінеральних добрив і задньонавісним орним знаряддям (плугом ПЛН-5-35), розроблено технологічні схеми руху орно-удобрювального агрегату під час виконання ним внесення добрив з одночасним їх загортанням у ґрунт;
- здійснено випробування трактора ХТЗ-17022 на прямій сівбі озимого соняшнику.

Ключові слова: ТЕХНОЛОГІЧНА ПРИДАТНІСТЬ, КОЛІЙНА СИСТЕМА ЗЕМЛЕРОБСТВА, ТРАКТОР, АГРЕГАТУВАННЯ, МАШИННО - ТРАКТОРНИЙ АГРЕГАТ, ЕКСПЛУАТАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ.....	6
2 ОБ’ЄКТИ і МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ.....	6
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	9
3.1. Методика оцінки технологічної придатності тракторів для роботи у складі комбінованих МТА.....	9
3.2. Блок-схема алгоритму моделювання оптимальних комплексів машин для колійної системи землеробства.....	13
3.3. Результати випробувань машинно – тракторних агрегатів на основі тракторів ХТЗ-16132 і ХТЗ-17022.....	15
3.3.1. Випробування орного агрегату на основі трактора ХТЗ-16132... ..	15
3.3.2. Експлуатаційно-технологічні дослідження 12-и рядного посівного агрегату на базі ХТЗ-16132.....	21
3.3.3. Випробування жниварно-луцильного МТА на основі ХТЗ-16132.....	25
3.3.4. Орно-удобрювальний агрегат на основі трактора ХТЗ-16132... ..	33
3.3.5. Випробування трактора ХТЗ-17022 на сівбі соняшнику.....	35
ВИСНОВКИ.....	37
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	39

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». Водночас, 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 устатовленого 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.

Одним із таких технологічних аспектів є колійна система землеробства. Проблема полягає в тому, що у технологічних процесах вирощування с.-г. культур агрегати, які використовуються на виконанні рілних операцій, як правило, мають різну ширину захвату, а енергозасоби - різну колію. Велика кількість проходів машинно-тракторних агрегатів, особливо у весняний період, призводить до переущільнення ґрунту ходовими системами машин. Внаслідок цього розвивається деградація його механічної структури, значно погіршується водно-повітряний режим і т.д.

Одним із напрямків суттєвого зменшення шкідливої ущільнюючої дії є керування (маршрутизація) руху МТА (Controlled Traffic Farming - CTF), що передбачає переміщення ходових систем по постійній технологічній колії. Трактори серії ХТЗ-160 найкраще відповідають вимогам, які висуває ця технологія до енергетичних засобів [7].

1 Програма досліджень

1. Розробка методики оцінки технологічної придатності тракторів для роботи у складі комбінованих МТА.
2. Розробка алгоритму моделювання оптимальних комплексів машин для колійної системи землеробства.
3. Експлуатаційно - технологічні випробування машинно-тракторних агрегатів на основі тракторів ХТЗ-16132 і ХТЗ-17022

2 Об'єкти і методика досліджень

2.1. Функціональну залежність показника технологічної придатності трактора до роботи у складі комбінованих МТА ($K_{\text{ТП}}$) від технологічних властивостей енергетичного засобу представляли у наступному вигляді [1,2]:

$$K_{\text{ТП}} = f(K_{\text{ПНМ}}; K_{\text{ПВП}}; K_{\text{ЗВП}}; K_{\text{РР}}; K_{\text{ГВ}}; K_{\text{А}}; K_{\text{ПК}}) \quad (2.1)$$

де $K_{\text{ПНМ}}$, $K_{\text{ПВП}}$, $K_{\text{ЗВП}}$, $K_{\text{РР}}$, $K_{\text{ГВ}}$, $K_{\text{А}}$, $K_{\text{ПК}}$ – безрозмірні показники ефективності використання відповідно переднього навісного механізму (ПНМ), переднього валу відбору потужності (ВВП), заднього валу відбору потужності, реверсивності руху, гідровідбору потужності, показники ефективності агрегування трактора та використання його на вирощуванні просапних культур.

Фізичним об'єктом досліджень виступав трактор серії ХТЗ-160, якому повністю притаманні всі вищевказані технологічні властивості [3]. Безрозмірні показники $K_{\text{ПНМ}}$, $K_{\text{ПВП}}$, $K_{\text{ЗВП}}$, $K_{\text{РР}}$, $K_{\text{ГВ}}$, $K_{\text{А}}$ і $K_{\text{ПК}}$ визначали шляхом аналізу і оцінки конструктивно-технологічних параметрів цього енергетичного засобу з точки зору придатності його для агрегування з с.-г. машинами за схемою «push-pull».

2.2. В розв'язанні поставленої задачі використано принцип статистичного моделювання. Припускали, що одну й ту ж механізовану технологічну операцію з якістю, яка задовольняє агротехнічним вимогам, за умов колійної технології землеробства можна виконати певною кількістю машинних агрегатів з певною множиною варіантів агрегування тракторів і с.-г. машин.

Категорично однозначною умовою успішного виконання роботи машинним агрегатом є дотримання останнім агротехнічних вимог, визначених системою технологічних операцій, тобто технологією вирощування. Іншими словами, машинний агрегат або здатний досягти визначеної якості виконання механізованої технологічної операції й тим самим підтримати запланований технологічний рівень виробництва, або не здатний і категорично не може бути включений до складу комплексу машин.

Крок технологічної колії (Н) визначений шириною захвату агрегатів (B_p) ($B_p = k \cdot H$, $k = 1, 2 \dots n$), а її ширина (K_H) визначена колією коліс енергетичних засобів (K_T) (рис. 2.1).

Ширину колії коліс для певної групи енергозасобів можна збільшувати (знову ж таки до певних значень [K_T ; K_T^{max}]). Тоді можлива ширина поля під технологічну зону на ґрунті (або поля ширини сліду для руху машин) становить $\Delta b_K = 0,5(K_T^{\text{max}} - K_T) + b_T$, де b_T – ширина сліду від рушія енергозасобу (див. рис. 2.1).

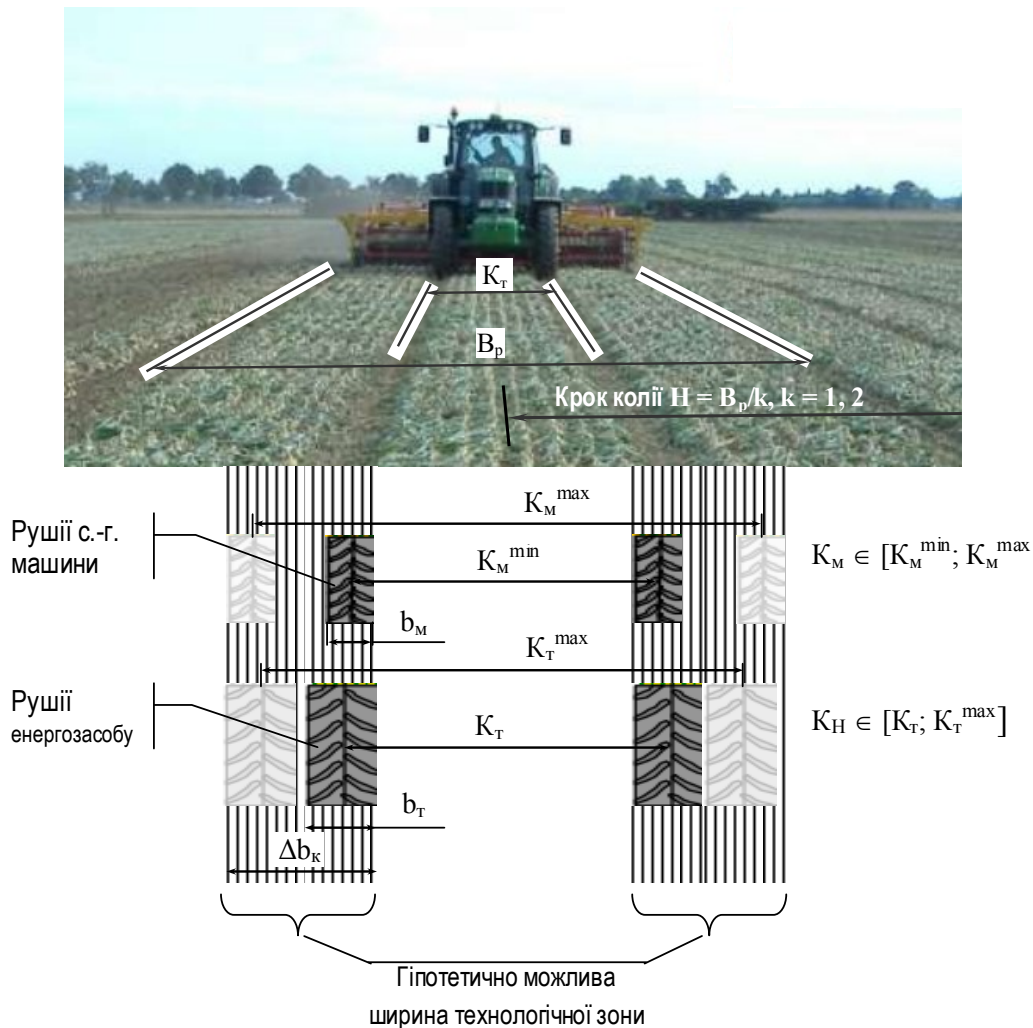


Рис. 2.1. Характеристики МТА в колійній системі землеробства

В такому випадку необхідною умовою для прийняття рішення про альтернативність варіанту агрегату для колійної системи землеробства є відповідність параметрів колії ходових систем с.-г. машин і енергозасобів. Тобто, рушії с.-г. машин повинні знаходитися в полі технологічній зони (див. рис. 2.1). А значить, колія коліс машин K_M та ширина відбитку сліду від їх рушіїв b_M повинні задовольняти умові $K_M \in [(K_T - b_T + b_M); (K_T^{\max} + b_T - b_M)]$.

Ширину захвату агрегату визначали за умови найбільшого використання тягового зусилля енергозасобу при роботі на L -ій передачі ξ_L :

$$\xi_L = \left(\frac{R_a + G_m \cdot i / 100}{P_{крnL}} \right) \leq [\xi_p],$$

де R_a – тяговий опір с.-г. знаряддя; G_m – вага енергозасобу; i – середній схил поверхні поля, %; $P_{кр}$ – тягове зусилля на гаку на передачі L ; $[\xi_p]$ – припустимий ступінь завантаження енергозасобу за тягою.

Результат обґрунтування величини кроку технологічної колії i , як наслідок, комплексу машинно-тракторних агрегатів, проводили на підставі узагальнюючого аналізу характеристик альтернативних варіантів машин з відповідною шириною захвату і колією ходових систем кожної.

2.3. Об'єктами досліджень і випробувань були машинно-тракторні агрегати на основі тракторів ХТЗ-16132 і ХТЗ-17022 (рис.2.3, рис.2.4).



Рис.2.3. Трактор ХТЗ-16132



Рис.2.4. Трактор ХТЗ-17022

При проведенні випробувань і досліджень використовували як оригінальні, так і стандартні методики. За оригінальними методиками визначали тракторні показники руху МТА, витрати палива тощо. Основу вимірювального комплексу складала ПЕОМ, аналогово-цифровий перетворювач та відповідні вимірювальні прилади.

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

За роботою 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.

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. Методика оцінки технологічної придатності тракторів для роботи у складі комбінованих МТА

В кількісному вираженні функціональну залежність (2.1) можна представити наступним чином:

$$K_{\text{тп}} = (K_{\text{пнм}} + K_{\text{пвп}} + K_{\text{звп}} + K_{\text{рр}} + K_{\text{гв}} + K_{\text{а}} + K_{\text{пк}})/7 \quad (3.1)$$

В цілому, чим більша значина показника $K_{\text{тп}}$, тим той або інший енергетичний засіб більш придатний до використання у складі комбінованих МТА. В першу чергу за схемою «push-pull».

Тепер розглянемо методику визначення кожного із показників виразу (3.1). Не дивлячись на те, що передній навісний механізм передбачений конструкціями багатьох сучасних тракторів, прикладів ефективного його використання у практичній експлуатації вкрай мало. У більшості випадків на місці ПНМ розташовуються баластні вантажі.

Величину $K_{\text{ПНМ}}$ нами пропонується розраховувати як відношення вантажопідйомності переднього навісного механізму трактора ($G_{\text{ПМ}}$) до допустимої вантажопідйомності шин його передніх рушіїв ($G_{\text{ПШ.мак}}$), яка регламентована відповідним ДСТУ:

$$K_{\text{ПНМ}} = G_{\text{ПМ}} / G_{\text{ПШ.мак}} \quad (3.2)$$

З позиції бажаності значина показника $K_{\text{ПНМ}}$ має бути якомога більшою. Водночас, вона не повинна перевищувати одиниці, оскільки в цьому випадку матимемо перевантаження шин [4]. Цього на практиці не повинно бути, тому формально вираз (3.2) можна записати так:

$$K_{\text{ПНМ}} = G_{\text{ПМ}} / G_{\text{ПШ.мак}} \leq 1, \text{ інакше } K_{\text{ПНМ}} = 0$$

Ефективність застосування переднього і заднього валів відбору потужності можна виразити через кількість режимів його незалежного і наявності синхронного приводу. Світова практика говорить, що сучасний трактор повинен мати ВВП принаймні з трьома незалежними режимами роботи: $n_{\text{ПН1}} = n_{\text{ЗН1}} = 540$ об./хв.; $n_{\text{ПН2}} = n_{\text{ЗН2}} = 750$ об./хв.; $n_{\text{ПН3}} = n_{\text{ЗН3}} = 1000$ об./хв. Наявність синхронного приводу ВВП оцінюватимемо $n_{\text{Пс}} = n_{\text{Зс}} = 1$, а його відсутність – нулем. Причому, індекси ПН і Пс відноситься до переднього, а ЗН і Зс - до заднього навісного механізму енергетичного засобу. Таким чином:

$$K_{\text{ПВП}} = (n_{\text{ПН1}} + n_{\text{ПН2}} + n_{\text{ПН3}} + n_{\text{Пс}}) / 4;$$

$$K_{\text{ЗВП}} = (n_{\text{ЗН1}} + n_{\text{ЗН2}} + n_{\text{ЗН3}} + n_{\text{Зс}}) / 4$$

Реверсивний пост керування дозволяє здійснювати основний рух трактора заднім ходом. Інколи він забезпечує збільшення оглядовості робочих органів агрегованих машин [5]. Водночас, значно вищі можливості для більш ефективного агрегування енергетичного засобу у складі комбінованих МТА дає реверсивна трансмісія. У зв'язку з цим її наявність ($n_{\text{РТ}}$) будемо оцінювати 1 балом, а наявність реверсивного посту керування $n_{\text{РП}} - 0,5$. За відсутності цих властивостей $n_{\text{РТ}} = n_{\text{РП}} = 0$.

В результаті отримуємо:

$$K_{\text{РП}} = (n_{\text{РТ}} + n_{\text{РП}}) / 2$$

Гідравлічний відбір потужності в тракторі потрібен для його агрегування з машинами, які мають гідрофікований активний привід робочих органів. В сучасних моделях тракторів застосовують кілька виносних силових гідравлічних ліній ($n_{\text{ГЛ}}$) і принаймні одну лінію підвищеного гідравідбору ($n_{\text{ГВ}}$). За її наявності вважатимемо, що $n_{\text{ГВ}} = 1$, інакше - $n_{\text{ГВ}} = 0$. В цілому ж маємо:

$$K_{\text{ГВ}} = (n_{\text{ГЛ}} / n_{\text{ГЛ.мак}} + n_{\text{ГВ}}) / 2,$$

де $n_{\text{ГЛ.мак}}$ – максимальна кількість установлених на тракторі силових гідравлічних ліній.

Тепер що стосується показника ефективності агрегування трактора $K_{\text{а}}$. Його можна представити середньою значиною двох параметрів. Один із виражається відношенням дійсної енергонасиченості трактора $E_{\text{т}}$ до еталонної $E_{\text{ет}}$. У

свою чергу, E_t – це відношення номінальної потужності двигуна N_e (кВт) до маси трактора M_t (т). Величину E_t пропонується приймати на рівні 20 кВт/т [6–10].

Другий параметр стосується агрегування з плугом. Адже відомо, що на базі тракторів із переднім і заднім навісними механізмами можна компоувати орні агрегати за схемою «push-pull» [2,11–17]. При цьому слід враховувати, що плуг – практично єдине знаряддя, чий тяговий опір дуже залежить від співвідношення його ширини захвату до конструктивних параметрів ходової системи енергетичного засобу. За певних умов можна добитися лівостороннього поперечного зміщення орного знаряддя (e_l) відносно трактора, що однозначно приводить до відповідних позитивних результатів. Виходячи із цього, можемо записати:

$$K_a = (E_t/E_{et} + e_l/e_{l,max})/2,$$

де $e_{l,max}$ – максимально допустима величина лівостороннього зміщення плуга.

І, нарешті, показник ефективності використання трактора на вирощуванні просапних культур $K_{пк}$. В основному він залежить від можливості регулювання ширини колії ($n_{рк}$), типу рами ($T_{рт}$): жорстка чи шарнірно-зчленована, агротехнічного просвіту ($H_{ар}$) та вписуваності рушіїв у міжряддя просапних культур.

В Україні просапні культури вирощують з різними міжряддями. Тому трактор є технологічно придатним тоді, коли його конструкція допускає безступінчасте регулювання колії. В цьому випадку $n_{рк} = 1$. Якщо колія регулюється ступінчато, то $n_{рк} = 0,5$. За відсутності вказаного регулювання $n_{рк} = 0$.

Теоретичними і експериментальними дослідженнями встановлено, що на вирощуванні просапних культур бажано, аби трактор мав жорстку раму ($T_{рт} = 1$). В принципі енергетичний засіб шарнірно-зчленованої компоновки теж може працювати у міжряддях. Але в цьому випадку він, за даними досліджень ННЦ «ІМЕСГ», має бути обладнаний спеціальним корегувальним пристроєм, що призводить до ускладнення агрегату та його відповідного подорожчання. Тому для цього випадку приймаємо $T_{рт} = 0,5$.

Вписуваність рушіїв трактора у міжряддя просапних культур передбачає, його що колеса рухаються по центру міжряддя і не ущільнюють захисну зону рядка. В кінцевому рахунку

$$K_{пк} = [n_{рк} + T_{рт} + H_{ар}/H_{ар,max} + (C-2 \cdot B_3)/B_k]/4,$$

де $H_{ар,max}$ – максимальна значина агротехнічного просвіту; C – ширина міжряддя; B_3 – мінімальна ширина односторонньої захисної зони; B_k – ширина колеса трактора.

З урахуванням вищевикладеного вираз (2.2) можна записати наступним чином:

$$K_{тп} = [4 \cdot G_{пм}/G_{пш,max} + n_{пн1} + n_{пн2} + n_{пн3} + n_{пс} + n_{зн1} + n_{зн2} + n_{зн3} + n_{зс} + 2 \cdot (n_{рт} + n_{рп} + n_{гл}/n_{гл,max} + n_{гв} + E_t/E_{et} + e_l/e_{l,max}) + n_{рк} + T_{рт} + H_{ар}/H_{ар,max} + (C-2 \cdot B_3)/B_k]/28 \quad (3.3)$$

Використовуючи запропоновану методику, розрахуємо показник технологічної придатності кількох тракторів, потенційно придатних до їх використання у складі комбінованих машинно-тракторних агрегатів за схемою «push-pull». Із вітчизняних енергетичних засобів для цього найкраще підходить трактор ХТЗ-16131. Порівнювані енергетичні засоби представлені фірмами Білорусі (МТЗ-1523), Росії (ЛТЗ-155) та Німеччини (Fendt 711 Vario) (табл.1). Усі трактори, за винятком вітчизняного, відносяться до тягового класу 2 і за своїм призначенням є універсально-просапними енергозасобами.

Таблиця 1

Вихідні дані для розрахунку показника $K_{гп}$

Показник	Трактори	ХТЗ-16131	МТЗ-1523	ЛТЗ-155	Fendt 711 Vario
Вантажопідйомність переднього навісного механізму, кН		25	21	25	44
Допустима вантажопідйомність шин керованих коліс трактора, кН		50	38	44	45
Наявність (1) чи відсутність (0) режиму роботи переднього ВВП:					
- 550 об./хв.		0	0	0	0
- 750 об./хв.		0	0	0	0
- 1000 об./хв.		1	1	1	1
- синхронний режим		0	0	0	0
Наявність (1) чи відсутність (0) режиму роботи заднього ВВП:					
- 550 об./хв.		1	1	1	1
- 750 об./хв.		0	0	0	1
- 1000 об./хв.		1	1	1	1
синхронний режим		0	1	0	0
Наявність (1) чи відсутність (0) реверсивної трансмісії		1	0	0	0
Наявність (0,5) чи відсутність (0) реверсивного посту керування		0,5	0,5	0	0
Наявність (1) чи відсутність (0) гідровідбору потужності		0	1	0	1
Максимальна кількість установлених на тракторі силових гідравлічних ліній		6	4	4	6
Кількість виносних силових гідроліній		4	4	3	4
Енергонасиченість трактора, кВт/т		16,6	19,0	18,8	12,5
Величина лівостороннього поперечного зміщення плуга, м		0,215	0,085	0,04	0,04
Максимально допустиме лівостороннє зміщення плуга, м		0,40	0,35	0,35	0,35
Безступінчасте (1), ступінчасте (0,5) чи відсутнє (0) регулювання ширини колії		0,5	1	0,5	0,5
Жорстка (1) чи шарнірно - зчленована (0,5) рама трактора		1	1	1	1
Агротехнічний просвіт, м		0,53	0,44	0,45	0,33
Ширина колеса, м		0,43	0,52	0,43	0,42
Мінімальна ширина захисної зони, м		0,08			
Ширина міжряддя, м		0,70			
Значина показника $K_{гп}$		0,8	0,78	0,60	0,75

Як впливає із розрахунків за формулою (3.3) і даними табл.1, найвищу значину показника технологічної придатності ($K_{tp} = 0,8$) має вітчизняний енергетичний засіб ХТЗ-16131. В принципі отриманий результат є цілком логічним і обумовлений унікальними конструктивно-технологічними особливостями даного трактора.

За тягово-енергетичними властивостями ХТЗ-16131 є представником тягового класу 3. Водночас, за параметрами ходової системи – це універсально-просапний трактор тягового класу 2. Саме по собі поєднання таких альтернативних параметрів в одній конструкції крім деяких проблем надає низку переваг.

По-перше, як показує багаторічна експлуатаційна практика, на основі трактора серії ХТЗ-160 можна реалізувати ефективну 12-и рядну систему вирощування просапних культур з міжряддями 70 см. Для півдня України, де зосередженні значні площі просапних і їх вирощування здійснюється щонайбільше за 8-и рядною системою, це дуже перспективно.

По-друге, трактор ХТЗ-160 краще за інших агрегується з плугами. Тягово-енергетичні показники та параметри його ходової системи допускають значне (до 21,5 см) лівостороннє поперечне зміщення плуга. А таке агрегування орного знаряддя, як доведено дослідженнями, дозволяє суттєво зменшити питомі витрати палива, що є важливим чинником у розв'язання проблеми енергоощадного обробітку ґрунту.

По-третє, енергетичний засіб серії ХТЗ-160 найкраще вписується у перспективні технології точного та колійного землеробства.

Насамкінець підкреслимо, що номенклатура показників, які входять до вихідної функціональної залежності (2.1), не є постійною. Вона може змінюватися як в напрямку урахування інших, так і в напрямку обґрунтованого виключення прийнятих у даній методиці.

Блок-схема алгоритму моделювання оптимальних комплексів машин для колійної системи землеробства.

В сучасних ринкових умовах різнотипності господарств за формами власності, посівними площами та при наявності на ринку широкого спектру сільгосптехніки, з особливою актуальністю постає проблема оптимізації комплексів машин, їх оцінки при виборі, закупівлі та застосуванні у колійній системі землеробства. Вибір оптимальних комплексів машин залежить від критеріїв, які застосовуються при їх обґрунтуванні.

Застосовується кілька систем оцінки машин. У землеробстві оцінювані показники класифікуються за ступенем виконання агротехнічних, технічних експлуатаційних та економічних вимог [2, 3]. Це найповніша система оцінки машин, що передбачає визначення 70-ти окремих показників. Але ці системи не орієнтовані на визначення критеріїв оптимізації комплексів машин для ПТК. Через це залишаються поза увагою важливі фактори узгодження колії ходових систем енергозасобів і с.-г машин МТА та ширини захвату технологічного комплексу машин за умов повного використання ними тягового зусилля енергозасобу. Вказаний недолік повністю усунуто у розробленій блок-схемі моделювання (рис.3.1).

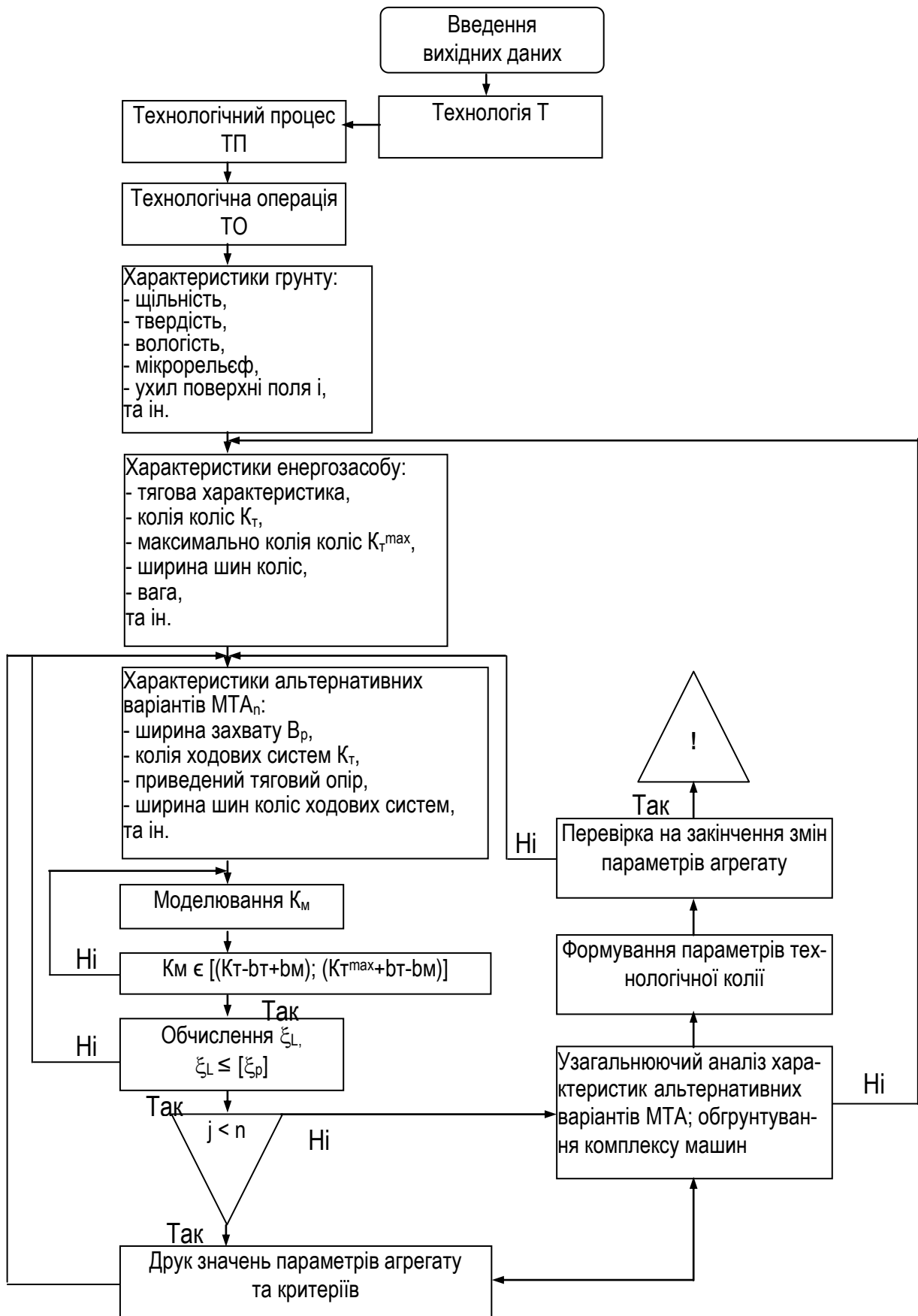


Рис.3.1. Блок-схема моделювання параметрів технологічної колії для розв'язання задачі вибору раціональної структури й параметрів машинно-тракторних агрегатів

3.3. Результати випробувань машинно – тракторних агрегатів на основі тракторів ХТЗ-16132 і ХТЗ-17022

3.3.1. Випробування орного агрегату на основі трактора ХТЗ-16132

До недавнього часу існувало загальноприйняте визначення, що найменший тяговий опір плуг матиме місце при симетричному його приєднанні до трактора. Тобто тоді, коли умовний «центр опору» цього знаряддя знаходиться у поздовжній площині симетрії енергетичного засобу. При цьому вважали, що таке можливе при виконанні наступних умов [18]:

$$V_T = b_k \cdot (n + 1) - 2 \cdot A - b; \quad (3.4)$$

$$V'_T = b_k \cdot (n + 1) + b, \quad (3.5)$$

де V_T , V'_T - колія енергетичного засобу при переміщенні рушіїв його правого борту поза борозною і в борозні відповідно; b_k - конструктивна ширина захвату корпусу плуга; n - число корпусів знаряддя; A - відстань від борозни до зовнішньої крайки рушія; b - ширина рушія трактора (в даному випадку це шина 16,9R38, для якої $b = 430$ мм).

За своїми тягово-зчіпними властивостями трактор ХТЗ-16132 відносяться до енергетичних засобів тягового класу 3. На оранці в умовах півдня України він потенційно може використовуватися принаймні з п'ятикорпусними ($n=5$) плугами типу ПЛН-5-35, для яких $b_k = 350$ мм. Як показує практика роботи подібних орних МТА, при рухові трактора поза борозною величина A може становити 150 мм.

Розрахунки показують, що умови (3.4) і (3.5) можуть бути виконані, коли бажана колія трактора серії ХТЗ-160 становитиме 2530 мм – при його рухові правими колесами у борозні, і 1370 мм – поза нею.

Як бачимо, ні перша, ні друга вказані вище умови не виконуються, оскільки дійсна колія розглядуваного енергетичного засобу (V_d) становить 2100 мм. Натомість відомо, що коли дійсна значина колії енергетичного засобу більша за бажану, то плуг приєднують не симетрично, а з певним правостороннім поперечним зміщенням (e_n). І воно тим більше, чим більшою є різниця між значинами цих колій:

$$e_n = (V_d - V_T)/2 \quad (3.6)$$

Із аналізу виразу (3.6) випливає, що для агрегування трактора серії ХТЗ-160 з плугом ПЛН-5-35 поза борозною орне знаряддя слід змістити у поперечному напрямку вправо на $(2100-1370)/2 = 365$ мм.

Якби таке конструктивне рішення було б навіть технічно можливе, то здійснювати його однаково недоцільно. Причому, незалежно від схеми налагодження заднього навісного механізму (ЗНМ) трактора: триточкова (варіант 1) чи двоточкова (варіант 2). У першому варіанті настройки ЗНМ вказане правостороннє зміщення плуга (365 мм) повністю можна реалізувати лише при його переміщенні відносно власних приєднувальних бугелів. «Центр опору» орного знаряддя зміщується при цьому вправо і між лінією тяги трактора та його поздовжньою віссю симетрії утворюється певний кут (назвемо його α). Наявність останнього спричинює появу як збурення у вигляді розворотного моменту, так і бокової складової тягового зусилля трактора, що збільшує силу тертя польових дощок об стінку борозни з усіма впливаючими звідси негативними наслідками [13,19].

За другим варіантом правостороннє поперечне зміщення плуга можна здійснити як відносно власних приєднувальних бугелів, так і шляхом відповідного переміщення нижніх тяг ЗНМ трактора. Але останнє у тракторів серії ХТЗ-160 можливе на величину не більшу за 180 мм. Решту ж правостороннього поперечного переміщення плуга (тобто 185 мм) слід реалізовувати лише відносно його приєднувальних бугелів. В результаті отримуємо практично ті ж недоліки, що і у першому варіанті.

При рухові трактора ХТЗ-16132 правими колесами у борозні він повинен мати колію 2530 мм, що на 430 мм більша за дійсну. В такому випадку плуг теж слід зміщувати у поперечному напрямку, але не вправо, а **вліво**. І на величину, яка в даному випадку становить $(2530-2100)/2 = 215$ мм.

При лівосторонньому поперечному переміщенні плуга «центр опору» знаряддя (т.Дп, рис.3.2) розташовується зліва на певній відстані ($e_{\text{п}}$) від поздовжньої вісі симетрії трактора.

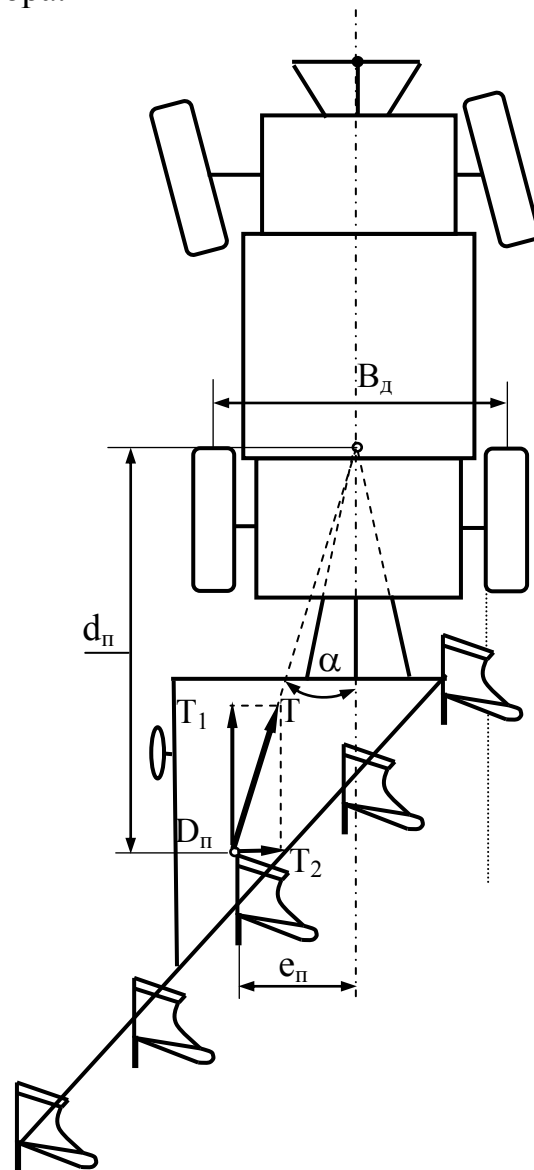


Рис.3.2. Схема лівостороннього зміщення плуга в агрегаті з трактором ХТЗ-16132 при його рухові правими колесами в борозні

Сила його тяги (T) з поздовжньою віссю симетрії теж утворює відповідний кут (α). Але в цьому варіанті поперечна складова тягового зусилля енергозасобу (T_2) не притискує орне знаряддя до стінки борозни, а, навпаки, намагається відштовхнути його від неї. В результаті зменшується сила тертя польових дощок об ґрунт, що сприяє зменшенню (іноді – суттєвому!) тягового опору плуга [2, 4].

Певна річ, що величина лівостороннього поперечного зміщення плуга не може бути будь-якою. При певній її значині плуг може втратити стійкість руху. Дослідженнями встановлено, що максимальна величина вказаного зміщення орного знаряддя є визначеною і може бути знайдена із виразу [20]:

$$e_{п \max} < d_{п} \cdot \text{ctg} (\varphi + \gamma), \quad (3.7)$$

де $d_{п}$ – найкоротша відстань в плані від «миттєвого центру повороту» нижніх тяг ЗНМ трактора до «центру» опору плуга (рис.3.1);

φ - кут тертя матеріалу польової дошки об стінку борозни;

γ - кут у плані, утворений лезом лемеша та стінкою борозни.

Лівостороннє поперечне зміщення плуга доцільно здійснювати саме шляхом переміщення його відносно власних приєднувальних бугелів. Адже, як уже відомо, тяговий опір знаряддя при цьому зменшується. Причому до такої міри, що з'являється можливість зняття усіх польових дощок, крім останньої.

Певною мірою зростає розворотний момент, але зменшити його до мінімуму можна при застосуванні триточкової схеми налагодження заднього навісного механізму трактора.

Із приведеного вище аналізу однозначно випливає висновок про доцільність руху трактора ХТЗ-16132 з орним знаряддям правими колесами в борозні. Проте на практиці виявилось, що при приєднанні до цього енергозасобу плуга ПЛН-5-35 перший його корпус йде по борозні, а тому не використовується в процесі оранки. В результаті конструктивна ширина захвату орного МТА становить не 175, а лише 140 см.

Усунення вказаного недоліку здійснили шляхом застосування лівостороннього поперечного зміщення плуга. Для цього його приєднувальні бугелі перемістили на рамі на потрібну величину вліво (рис.3.3). В цьому ж напрямку змістили і точку приєднання центральної розкосини знаряддя (рис.3.4). Польові дошки на перших чотирьох корпусах плуга були видалені (рис.3.5).

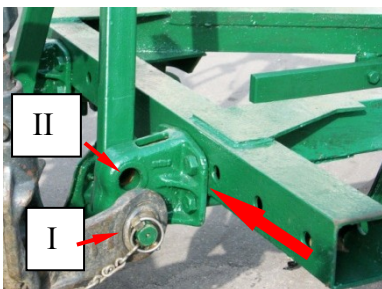


Рис.3.3. Лівостороннє зміщення бугелів плуга та позиції понижувача

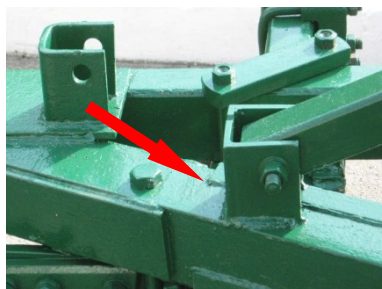


Рис.3.4. Зміщення точки приєднання центральної розкосини плуга



Рис.3.5. Плуг ПЛН-5-35 зі знятими чотирма передніми польовими дошками

Для модернізованого плуга маємо: $d_{\text{п}} = 3,8$ м, а $\gamma = 42^\circ$. Що стосується кута тертя матеріалу польової дошки об ґрунт (φ), то його значина, в залежності від типу останнього, може змінюватися в межах $14 \dots 42^\circ$ [14]. Розглянемо найгірший варіант, коли

$$\varphi = \max = 42^\circ$$

В цьому випадку максимально допустиме лівостороннє зміщення плуга $e_{\text{п}}$, як впливає із залежності (3.7), дорівнює $0,4$ м.

Дійсне ж переміщення вліво модернізованого нами плуга ПЛН-5-35 становить лише $0,215$ м. А це означає, що курсова стійкість даного орного знаряддя в агрегаті з трактором серії ХТЗ-160 не повинна бути порушена.

Стійкість руху плуга у поздовжньо-вертикальній площині залежить від величини та напрямку дії заглиблювального моменту (M_z , рис.3.6):

$$M_z = R_{\text{кр}} \cdot h,$$

де $R_{\text{кр}}$ – сумарний тяговий опір орного знаряддя;

h – відстань від лінії дії сили опору плуга до «миттєвого центру повороту заднього навісного механізму трактора (т.п).

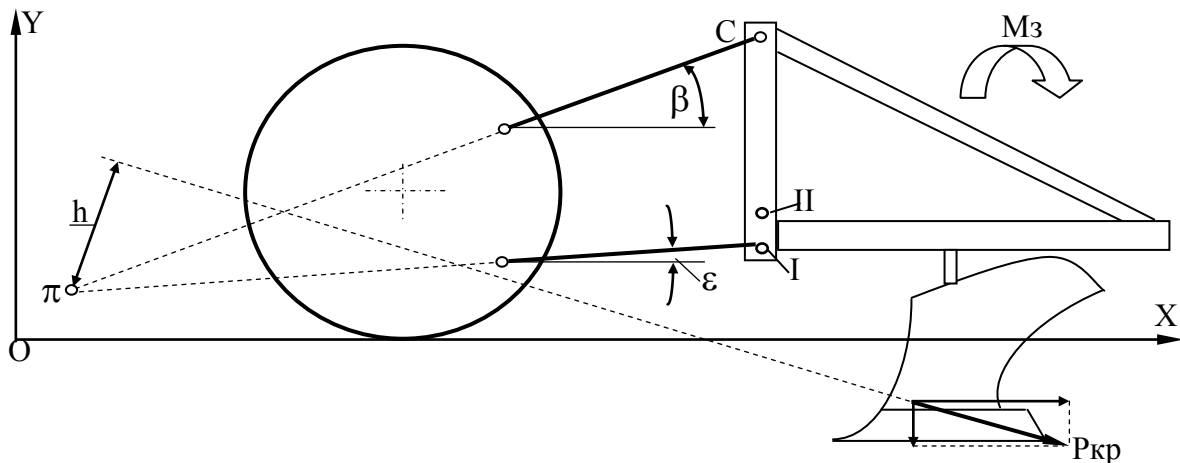


Рис.3.6. Схема дії на плуг заглиблювального моменту

Як бачимо, момент M_z зростає зі збільшенням плеча h . Цей параметр, у свою чергу, можна збільшити шляхом зменшення ординати т.п (див. рис.3.6). Для цього треба:

- зменшити кут нахилу (β) центральної тяги ЗНМ трактора шляхом пониження точки її приєднання до приєднувального трикутника плуга (т.С, рис.3.6);
- збільшити кут нахилу (ε) нижніх тяг ЗНМ енергетичного засобу. Для цього на бугелях орного знаряддя слід приєднувальні пальці перемістити з позиції I у позицію II (див. рис.3.6 і 3.3).

Найбільший ефект дає одночасна реалізація обох варіантів. Але при цьому слід враховувати, що зменшення кута β призводить до двох небажаних наслідків. По-перше, зменшується довантаження задніх коліс трактора. По-друге, погіршується кінематика підйому плуга у транспортне положення [2]. У зв'язку з цим найбільш прийнятним варіантом є другий. Тим більше, що конструкція плуга передбачає його реалізацію.

Трактор ХТЗ-16132 мав наступну технічну характеристику:

- модель двигуна	BF6M1013E, DEUTZ AG
- потужність двигуна, кВт (к.с.)	139,7 (190)
- питомі витрати палива, г/кВт·год. (г/к.с.·год.)	217 (160)
- кількість передач переднього ходу	20
- кількість передач заднього ходу	20
	} реверсивна трансмісія
- база, мм	2860
- колія, мм	2050
- шини	16,9R38
- маса експлуатаційна, кг	8260

Випробування орного МТА (рис.3.7, рис.3.8) проводили на полі, вологість ґрунту якого в шарі 0...25 см складала 17,8%. Плуг ПЛН-5-35 був відрегульований на глибину оранки 25 см. Орний агрегат рухався зі швидкістю 2,3...2,5 м/с. Робоча ширина агрегату становила 1,76 м. Дійсна середня значина глибини оранки була 24,3 см. Середнє квадратичне відхилення цього показника ($\pm 1,8$ см) не перевищувало агротехнічно допустиме (± 2 см).



Рис.3.7. ХТЗ-16132 в агрегаті з модернізованим плугом ПЛН-5-35

Продуктивність агрегату за 1 год. основного (чистого) часу в середньому становила 1,5 га (табл.3.2). Буксування рушіїв трактора не перевищувало 11%. Питомі витрати палива дорівнювали 14,5 кг/га. Априорі можна припустити, що при приєднанні плуга ПЛН-5-35 шляхом правостороннього його зміщення на 365 мм і рухові трактора ХТЗ-16131 поза борозною цей показник був би значно більшим.

Спектр коливань траєкторії борозни, утворюваної останнім корпусом плуга, був низькочастотним. Основна доля дисперсії цього показника знаходилась у діапазоні 0...0,63 м-1. При середній швидкості руху орного агрегату 2,4 м/с це становило усього 0...1,5 с-1 або 0...0,24 Гц. Вказаний частотний діапазон коливань плуга вказує на те, що видалення його перших чотирьох польових дощок не призводить до погіршення стійкості рух розглядуваного орного МТА в горизонтальній площині. Водночас, саме такий захід, як доказано багаторічними дослідженнями [2, 4], обумовлює зменшення тягового опору плуга. В кінцевому рахунку це призводить до зменшення питомих витрат палива.



Рис.3.8. Трактор ХТЗ-16132 в агрегаті з модернізованим плугом ПЛН-5-35
(вигляд ззаду)

Таблиця 3.2

Експлуатаційно – технологічні показники роботи орного МТА

Показник	Значина
Склад МТА: трактор	ХТЗ-16132
плуг	ПЛН-5-35 ¹
Умови роботи:	
- робоча ширина захвату, м	1,76
- середня робоча швидкість руху, км/год.	8,64
- довжина гону, м	800
- оброблена площа, га	120
Продуктивність, га/год.:	
- основного часу	1,52
- змінного часу	1,35
- експлуатаційного	1,30
Витрати:	
- праці, чол.·год. /га	0,74
- палива, кг/га (л/га)	14,5 (16,8)
Коефіцієнти використання:	
- змінного часу	0,89
- експлуатаційного часу	0,86
- надійності технологічного процесу	0,99
- використання робочих ходів	0,95

¹⁾ – плуг переобладнаний згідно з рис.3.3 -3.5

3.3.2. Експлуатаційно-технологічні дослідження 12-и рядного посівного агрегату на базі ХТЗ-16132

Той факт, що скорочення строку сівби с.-г. культур сприяє підвищенню їх врожайності, є загально відомим і цілком зрозумілим. Проте, вирішувати цю задачу можна принаймні двома шляхами: екстенсивним і інтенсивним. Перший полягає у збільшенні кількості посівних агрегатів, а другий – у застосуванні широкозахватних МТА.

На півдні країни, де зосереджена значна частина посівів просапних культур із міжряддями 70 см, останнім часом багато сільгоспвиробників йдуть саме першим шляхом. У більшості випадків вони використовують 6-и або 8-и рядні комплекси на базі універсально-просапних тракторів тягового класу 1,4.

Свого часу вітчизняні вчені досить принципово і економічно обґрунтовано ставили питання про необхідність розробки потужного універсально-просапного енергетичного засобу тягового класу 2, на базі якого можна було б реалізувати принаймні 12-и рядну систему вирощування просапних. Цей напрямок у галузі тракторобудування, по великому рахунку, так і не був реалізований. Водночас, оскільки ПАТ «ХТЗ» освоїло виробництво орно-просапних тракторів серії ХТЗ-160, то їх впровадження дає можливість отримати високопродуктивні просапні МТА. Для цього слід було розв'язати лише одну проблему.

На вирощуванні просапних з міжряддями 70 см колія енергетичного засобу, як відомо, повинна бути або 1400, або 2800 мм. Оскільки колія ХТЗ-160 на штатних шинах 16,9R38 дорівнює 2100 мм, то завод розробив спеціальні проставки, які дозволяють збільшити відстань між колесами до 2800 мм і завдяки цьому симетрично агрегатувати трактори з серійними просапними сівалками та культиваторами.

Проте, переналагодження колії трактора є дуже трудомісткою операцією, що і обмежує на практиці її більш-менш широке застосування. У зв'язку з цим вченими нашого університету разом із фахівцями ХТЗ було розроблено простий зчпний пристрій (рис.3.9), який дозволяє на вирощуванні просапних культур із міжряддями 70 см використовувати трактори серії ХТЗ - 160 без переналагодження з колії 2100 на колію 2800 мм [5].

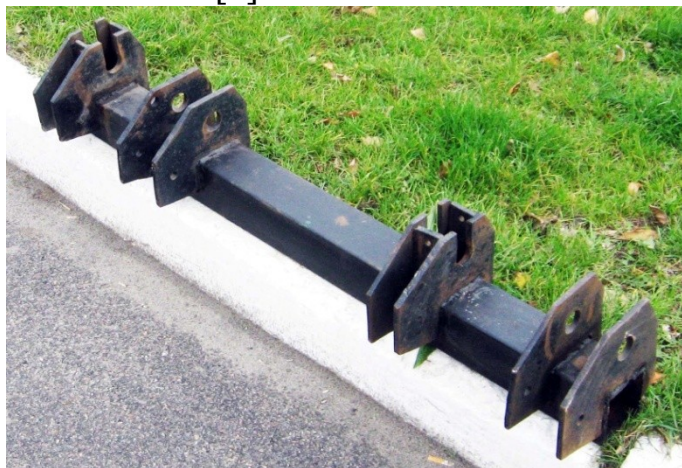


Рис.3.9. Пристрій для асиметричного навішування просапної сівалки на трактор серії ХТЗ-160

При використанні цього пристрою агрегована машина зміщується відносно поздовжньої вісі симетрії енергетичного засобу на 35 см. В результаті виключається розміщення висівних секцій просапної сівалки по колії трактора і рух останнього по рядках культурних рослин під час міжрядного обробітку. При цьому слід зазначити, що маса зчіпного пристрою майже в 15 разів менша маси чотирьох проставок, призначених для переобладнання колії трактора. Приблизно в стільки ж разів менші витрати часу і на його установку [4].

Посівний МТА за такою схемою агрегування є асиметричним, оскільки сівалка зміщена в поперечному напрямку відносно поздовжньої осі симетрії трактора. В такому випадку цілком резонно виникає питання щодо стійкості руху агрегату у горизонтальній площині.

В теоретичному аспекті розв'язок цієї задачі здійснювали з допомогою математичного моделювання функціонування розглядуваної динамічної системи під дією статистично випадкових зовнішніх впливів [4].

Експериментальні дослідження проводили агрегатом у складі трактора серії ХТЗ-16132 та німецької 12-и рядної (з міжряддями 70 см) просапної сівалки «Ortima» (рис.3.10, 3.11), яку навішували на енергетичний засіб з допомогою спеціально розробленого приєднувального пристрою (див. рис.3.9).



Рис.3.10. Загальний вигляд 12-и рядного посівного МТА на основі трактора ХТЗ-16132

Середня значина вологості ґрунту в шарі 0...10 см становила 17,6%, а щільність – $1,30 \text{ г/см}^3$. Сівалка була налаштована на загортання насіння на глибину 6 см. Робоча ширина захвату посівного МТА дорівнювала 8,4 м. В процесі сівби він рухався зі швидкістю, яка в середньому була 12,2 км/год. Основна (чиста) продуктивність праці становила при цьому 10,2 га (тал.3.3). Навіть при коефіцієнті використання зміни 0,65 таким агрегатом за 10 годин роботи можна засіяти не менше 60 га.

Траєкторію руху асиметричного посівного МТА оцінювали за допомогою запропонованого вченими ТДАТУ нового частотно-дисперсійного показника [6]. Методика практичного його застосування в даному випадку була наступною.



Рис.3.11. Посівний агрегат у складі трактора ХТЗ-16132 та 12-рядної просапної сівалки «Optima» в роботі

Таблиця 3.3

Експлуатаційно – технологічні показники роботи посівного МТА

Показник	Значина
Склад МТА: трактор сівалка	ХТЗ-16132 «Optima»
Умови роботи:	
- робоча ширина захвату, м	8,4
- кількість рядків	12
- ширина міжрядь, см	70
- середня робоча швидкість руху, км/год.	12,2
- довжина гону, м	850
- посіяна площа, га	600
Продуктивність, га/год.:	
- основного часу	10,2
- змінного часу	6,6
- експлуатаційного	6,5
Витрати:	
- праці, чол.·год. /га	0,15
- палива, кг/га	2,2
Коефіцієнти використання:	
- змінного часу	0,65
- експлуатаційного часу	0,64
- надійності технологічного процесу	0,99
- використання робочих ходів	0,92

Після проходження досліджуваного агрегату на полі вибирали маркерний слід (рис.3.12). Паралельно ньому прокладали пряму базову лінію і з кроком 0,5 м заміряли відхилення від неї траєкторії маркерного сліду (див. рис.3.12). Із отриманого масиву даних розраховували дійсні дисперсію (Dy) і частоту зрізу $\omega_{зр}$.

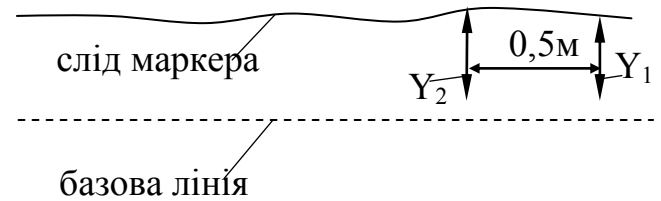


Рис.3.12. Траєкторія та методика визначення непрямолінійності маркерного сліду асиметричного посівного агрегату

Цій частоті зрізу відповідає спектральна щільність $S(\omega_{зр})$, яку знаходили із виразу:

$$S(\omega_{зр}) = 0,05 \cdot S(\omega_0),$$

де $S(\omega_0)$ – величина нормованої спектральної щільності при $\omega = 0$.

Згідно з новим оцінювальним показником непрямолінійності траєкторії руху посівного МТА слід вважати прийнятною, коли виконуються дві наступні умови [6]:

$$\begin{aligned} Dy &\leq 12,50 \text{ см}^2; \\ \omega_{зр} &\leq 0,25 \text{ м}^{-1}. \end{aligned} \quad (3.8)$$

Аналіз отриманих нами експериментальних даних показав, що дисперсія коливань траєкторії маркерного сліду досліджуваного асиметричного посівного агрегату $Dy = 5 \text{ см}^2$. Нормована спектральна щільність коливного процесу при $\omega = 0 \text{ м}^{-1}$ $S(\omega_0) = 4,9 \text{ м}$ (рис.3.13). Звідси $S(\omega_{зр}) = 0,05 \cdot S(\omega_0) = 0,05 \cdot 4,9 = 0,245 \text{ м}$.

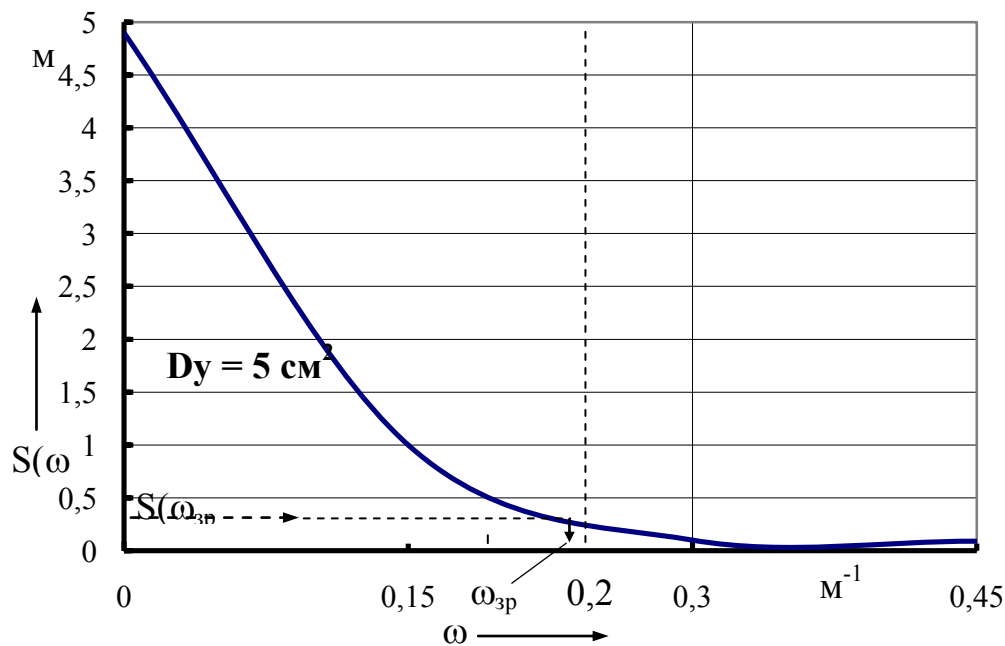


Рис.3.13. Нормована спектральна щільність коливань траєкторії маркерного сліду асиметричного посівного МТА

Цій нормованій спектральній щільності, як впливає із рис.3.13, відповідає частота зрізу, яка дорівнює $\omega_{зр} = 0,24 \text{ м}^{-1}$.

Як бачимо, дійсні значини Dy і $\omega_{зр}$ відповідають вимозі (3.8), що дає право непрямої лінійності руху нового асиметричного посівного МТА вважати прийнятною.

Для здійснення міжрядного обробітку сходів, посіяних 12-рядною сівалкою, трактор серії ХТЗ-160 агрегатується з просапним культиватором КРН - 8,4. Як і сівалка, це знаряддя навішується на вказаний енергетичний засіб з допомогою згаданого вище зчіпного пристрою (див. рис.3.9).

3.3.3. Випробування жниварно-луцильного МТА на основі ХТЗ-16132

Дослідний агрегат складався із трактора ХТЗ-16132, валкової жнивarki ЖВН-6Б з шириною захвату 6 м і дискової борони U363/5 з шириною захвату 3,15 м (рис.3.14 і рис. 3.15).



Рис.3.14. Жниварно-луцильний МТА (загальний вигляд)



Рис.3.15. Жниварно-луцильний МТА на основі ХТЗ-16132 в роботі

Навішування валкової жниварки ЖВН-6Б на трактор здійснювали за допомогою спеціально розробленого адаптеру (рис.3.16).



Рис.3.16. Адаптер для фронтального навішування валкової жниварки

Згідно з результатами теоретичних досліджень жниварка і дискова борона були приєднані до трактора без можливості повороту у горизонтальній площині. У поздовжньо-вертикальній площині обидві машини вільно копіювали нерівності поздовжнього профілю поля. Енергетичний засіб при цьому був налаштований на прямий хід.

На період проведення досліджень середня значина вологості ґрунту в шарі 0...15 см становила 21,1%, а щільність – 1,26 г/см³ (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Характеристика агротехнічного фону

Показник	Значина
Вологість ґрунту (%) в шарі: 0...15 см	20,4
Щільність ґрунту в шарі 0...15 см, г/см ³	1,26
Урожайність пшениці, ц/га	30,8
Густота рослин, шт./м ²	382
Середня значина висоти рослин, м	0,68
Втрати зерна від самоосипання, %	0,1
Забур'яненість посівів, г/м ²	16,8

Процес агрегування жниварно – луцильного агрегату включав три наступних операції (табл.3.5):

- навішування адаптера на валкову жниварку;
- навішування валкової жниварки на ПНМ трактора ХТЗ-16132;
- навішування дискової борони на задній навісний механізм трактора.
-

Таблиця 3.5

Трудомісткість складання жниварно - луцильного МТА

№ п/п	Назва операції	Тривалість, с	Трудомісткість, люд.·год.
Навішування адаптера на жниварку			
1	Приєднання центрального бугеля адаптера до рами валкової жниварки	120	0,066
2	Приєднання вертикальних розкосин пружинного механізму адаптера	100	0,044
3	Установка карданного валу від редуктора адаптера до редуктора приводу ножа жниварки	45	0,025
	Всього:	265	0,135
Приєднання валкової жниварки			
4	Приєднання нижніх тяг переднього навісного механізму трактора до адаптера жниварки	35	0,020
5	Приєднання центральної тяги ПНМ трактора	15	0,008
6	Установка карданного валу від хвостовика переднього ВВП трактора до редуктора адаптера жниварки	50	0,028
7	Приєднання гідроприводу варіатора обертів мотовила жниварки	35	0,010
8	Приєднання гідравлічних циліндрів підйому мотовила жниварки	35	0,010
	Всього:	170	0,076
Приєднання дискової борони			
9	Навішування дискової борони	20	0,011
10	Фіксування борони в горизонтальній площині	45	0,025
	Всього:	65	0,036
	Разом по процесу:	500	0,247

Вказані операції виконували два механізатори. Як виявилось, весь процес агрегування зайняв менше 9 хв. Його загальна тривалість дорівнює 0,247 люд.-год. Найбільшу (55%) частку часу агрегування займає навішування адаптера на валкову жниварку. Проте слід зазначити, що здійснюється це лише один раз за сезон (а може і взагалі за весь строк служби валкової жниварки). За умови

навішеного адаптера процес складання жниварно - луцильного агрегату займає близько 4 хвилин. Його трудомісткість не перевищує при цьому 0,112 люд.-год.

Під час виконання технологічного процесу на контрольній ділянці дослідний агрегат рухався на двох швидкостях: 1,80 і 2,4 м/с. Причому, як з дисковою бороною, так і без неї.

В результаті було виявлено, що з плином часу на усіх трьох дослідних ділянках вологість ґрунту поступово зменшується. Водночас, динаміка цих процесів різна. Найбільш інтенсивно волога зменшується на необробленому (незлуценому) фоні (рис.3.17, крива 3).

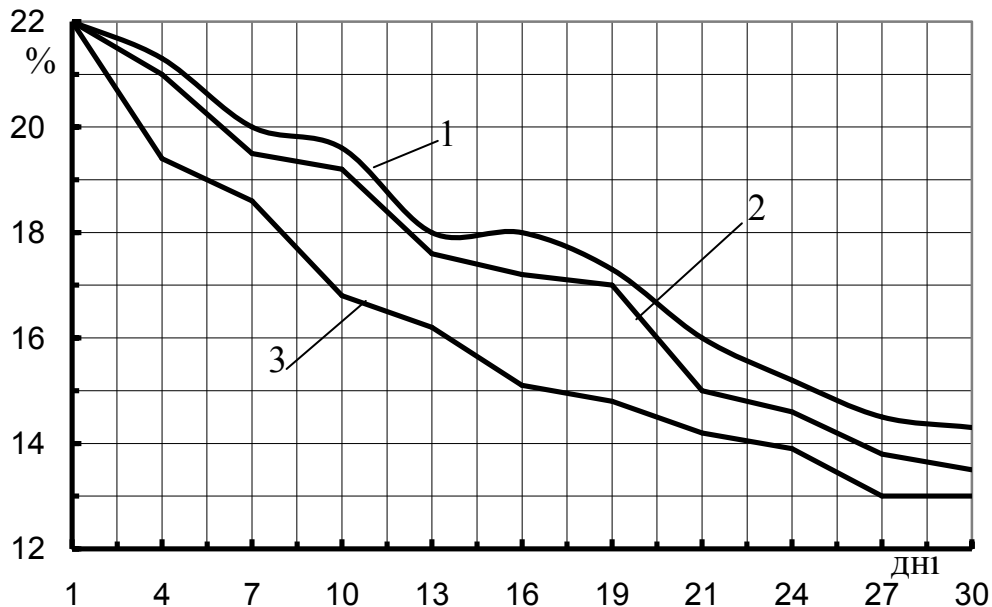


Рис.3.17. Динаміки зміни вологості ґрунту на злуценой (1,2) і необробленій ділянках (3) з 15 червня по 15 липня 2011 р.:
1 – 2,4 м/с; 2 – 1,8 м/с

На подрібнених фонах (рис.3.18) вологість ґрунту падає менш інтенсивно, що однозначно вказує на користь луцення між валкового простору одночасно зі косінням зернових колосових культур у валки.



Рис.3.18. Вигляд злуценої смуги міжвалкового простору

При більшій швидкості руху жниварно - луцильного агрегату стерня збираємої культури разом із ґрунтом подрібнюється більш інтенсивно. За рахунок цього вологість агрофону на тій ділянці, де збиральний агрегат рухався швидше, залишається постійно вищою, ніж там, де цей МТА переміщався повільніше. Різни-

ця значин цього показника в абсолютному вимірюванні сягає 1% (див. рис.3.17, криві 1 і 2).

Крім цього виявлено ще одну цікаву обставину. Різниця між вологістю ґрунту в оброблених і необробленій смугах в умовах досліду була відчутною (до 3% у абсолютних значинах) на протязі приблизно трьох тижнів. У більш пізні строки вона залишалась практично постійною. Практично це означає, що здійснення основного обробітку ґрунту не пізніше певного строку після збирання сільськогосподарських культур з лушенням між валкового простору (в даному випадку – це 21 день), характеризуватиметься меншими витратами енергії.

Під час виконання технологічного процесу робоча ширина захвату жниварно – луцильного агрегату була такою, довірчий інтервал якої для статистичного рівня значущості 0,05 становив 5,76...5,85 м. Рівень варіабельності цього параметру був низьким, на що вказує відповідний коефіцієнт варіації, значина якого не перевищувала 9%.

Збиральний агрегат формував валки шириною $1,35 \pm 0,15$ м. Коливання їх непрямолинійності мали низькочастотний характер. Так, частота зрізу нормованої спектральної щільності цього процесу не перевищувала $0,5 \text{ м}^{-1}$ (рис.3.19).

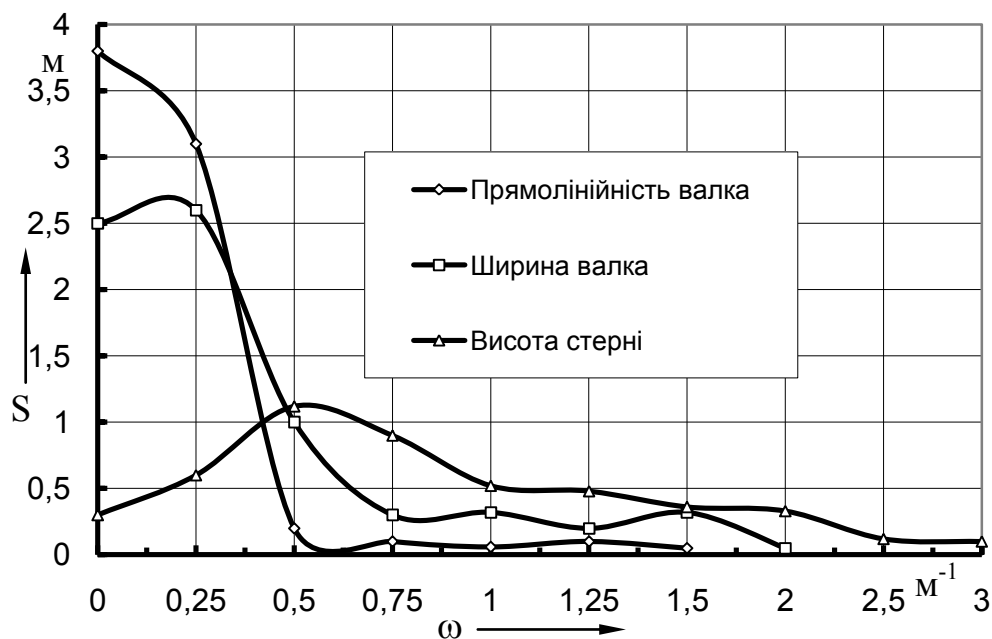


Рис.3.19. Нормовані спектральні щільності коливань прямолинійності і ширини валка та висоти стерні пшениці

Валки уклалися на стерню, висота якої становила $14,8 \pm 2,3$ см. Максимум нормованої спектральної щільності коливань цього процесу зміщений в бік більш високих частот (див. рис.3.19).

Що стосується енергії, тобто дисперсії кожного із процесів, то вони були різними. З довірчою ймовірністю 95% можна стверджувати, що нуль-гіпотеза про рівність дисперсій коливань ширини валка не відхиляється. Іншими словами, процеси коливань цього параметра для обох варіантів режиму руху жниварно – луцильного агрегату представляють одну і ту ж генеральну сукупність. Це пояснюється тим, що дійсна

значина F-критерію Фішера ($F_d = 1,12$, табл.3.6) менша за табличну, яка для статистичного рівня 0,05 та кількості вимірювань параметра $N=100$, становить 1,35.

Таблиця 3.6

Дисперсії коливань ширини (B_B) і траєкторії (Pr_B) валка та висоти стерні ($H_{ст}$) при різних режимах руху жниварно – луцильного МТА

Режим роботи МТА	Дисперсія коливань, $см^2$		
	B_B	$H_{ст}$	Pr_B
$V_0 = 1,8$ м/с; жорстке приєднання борони	28,09	2,56	53,29
$V_0 = 2,4$ м/с; вільне приєднання борони	31,36	4,00	37,21
F-критерій Фішера (F_d)	1,12	1,57	1,42

З практичної точки зору такий результат вказує на індиферентність статистичних характеристик ширини валка від зміни швидкості руху агрегату (у вказаних межах) та способу приєднання в горизонтальній площині ґрунтообробного знаряддя до енергетичного засобу.

Натомість, цього не можна стверджувати стосовно статистичних характеристик двох інших параметрів: коливань траєкторії (непрямої лінійності) валка та висоти стерні. В обох випадках різниця між порівнюваними дисперсіями (див. табл. 3.6) є суттєвою. Тобто, нуль-гіпотеза про рівність цих статистичних оцінок принаймні на рівні значущості 0,05 відхиляється, оскільки дійсні значини F-критеріїв Фішера (1,57 і 1,42) більші за табличну (1,35). Звідси випливає такий **висновок**: шарнірне приєднання задньонавісної дискової борони і збільшення швидкості руху жниварно – луцильного агрегату призводять до погіршення якісних показників його роботи. На практиці це проявляється у вигляді збільшення дисперсії коливань висоти стерні та відхилень траєкторії валка від прямої лінії.

Глибина обробки ґрунту у міжвалковому просторі залежить лише від швидкості руху. І то лише в енергетичному (дисперсійному), а не в частотному плані. Якщо при швидкості руху жниварно – луцильного агрегату 1,8 м/с середня значина глибини розпушення агротехнічного фону (стерні) становила 7 см, то при 2,4 м/с – лише 4 см. Інша справа, що подрібнення ґрунту, як це уже підкреслювалося вище, було кращим у другому варіанті. Що стосується дисперсії коливань розглядуваного показника, то згідно F-критерію Фішера нуль-гіпотеза про їх рівність не відхиляється як на статистичному рівні значущості 0,05, так і на рівні значущості 0,01.

Конструктивна ширина використовуваного дискового знаряддя становила 3,15 м. При жорсткому його приєднанні до трактора (перший варіант) коливання в горизонтальній площині здійснює весь жниварно – луцильний агрегат. При шарнірному агрегуванні (другий варіант) борона взагалі має власну незалежну ступінь вільності, яка проявляється в її поворотності відносно трактора. І в тому, і в другому варіантах дійсна робоча ширина захвату ґрунтообробного знаряддя була практично не більша за конструктивну.

В реальних умовах функціонування жниварно – луцильного агрегату ширина односторонньої не злущеної (захисної) смуги валка змінювалась в діапазоні від 0,63 до 0,82 м. Як була встановлено експериментально, цього виявилось до-

силь для того, аби унеможливити попадання ґрунтових грудочок у валок. Причому, навіть за швидкості робочого руху агрегату 2,4 м/с.

Певна річ, в зоні незлущеної смуги (приблизно 8...10 см), яка межує зі злущеним фоном, трапляються грудочки ґрунту. Проте, під час підбирання валків вони не захоплюються пружинними пальцями підбирача. Справа в тому, що відстань між сподом валка, який знаходиться на стерні, і поверхнею поля як правило більша за діаметр грудочок ґрунту, розташованих на незлущеній смузі. Висота ж установки підбирача валків приймалася такою, щоб його пальці не зачіпали поверхні поля, а лише підіймали чистий валок.

Підтвердженням цьому була відсутність часточок ґрунту в зерні бункера комбайну під час підбирання ним валків, сформованих дослідним жниварно – луцильним агрегатом.

З урахуванням результатів теоретичних та експериментальних досліджень жниварно – луцильний агрегат на основі орно – просапного трактора сімейства ХТЗ має відповідати наступним вимогам.

Вимоги до енергетичного засобу:

- налаштування на прямий хід;
- схема налагодження переднього навісного механізму - триточкова, положення в процесі роботи МТА – «плаваюче»;
- схема налагодження заднього навісного механізму - триточкова, положення в процесі роботи МТА – «плаваюче»;
- тиск в шинах передніх і задніх коліс має установлюватися у відповідності із заводськими рекомендаціями стосовно агрегування трактора зі шлейфом машин у ранній весняний період польових робіт.

Вимоги до валкової жниварки:

- перехідний адаптер приєднується на половині відстані між правим краєм жниварки (при погляді ззаду) та лівою крайкою її вивантажувального вікна;
- навішується на передній навісний механізм трактора і блокується ланцюгами нижніх тяг вказаного механізму від повороту у горизонтальній площині проєкцій.

Вимоги до задньонавісного дискового знаряддя:

- ширина захвату (Взл): $V_{зл} = V_{р} - V_{в} - 2V_{п}$. Тут $V_{р}$ – робоча ширина захвату валкової жниварки; $V_{в}$ – ширина валка; $V_{п}$ – ширина односторонньої захисної зони;
- навішується на задній навісний механізм трактора і блокується від повороту у горизонтальній площині проєкцій.

Вимоги до режиму руху агрегату:

- швидкість робочого руху повинна бути якомога більшою. Прийнятна її значина має обмежуватися лише умовами протікання технологічного процесу;
- амплітуда впливу механізатора на кермо трактора має бути тим меншою, а частота – тим більшою, чим більша швидкість робочого руху жниварно - луцильного агрегату.

Для проведення експлуатаційно – технологічних випробувань жниварно – луцильний агрегат був налаштований у відповідності до викладених вище рекомендацій.

Одночасно з дослідним працювали два базових агрегати. Перший із них включав комбайн СК-«Нива» з навісною жниваркою ЖВН-6. Другий МТА здійснював лушення стерні. До його складу входив колісний трактор Т-150К та дискова борона БДТ-7.

Як показали результати досліджень, змінна продуктивність жниварно - луцильного та базового валкового агрегатів виявилася однаковою (табл.3.7).

Таблиця 3.7

Експлуатаційно-технологічні показники роботи порівнюваних агрегатів

№ п/ п	Показник	Значина для МТА		
		нового	базового	
			жниварного	дискувального
1.	Умови та режим роботи:			
	- довжина гону, м		1470	
	- швидкість руху, км/год.	8,3	8,4	8,0
	- робоча ширина захвату, м	5,9	5,9	6,8
	- висота стерні, см	15	14	-
2.	Продуктивність праці 1 за годину:			
	- основного часу, га	4,9	5,0	5,4
	- змінного часу, га	3,9	3,9	4,6
	- експлуатаційного часу, га	3,8	3,75	4,4
3.	Питомі витрати палива, кг/га	4,3	4,8	4,9
4.	Експлуатаційно-технологічні показники:			
	- коефіцієнт використанні часу зміни	0,80	0,78	0,86
	- коефіцієнт використання експлуатаційного часу	0,79	0,75	0,82
	- коефіцієнт надійності технологічного процесу	0,98	0,98	0,97
	- коефіцієнт робочих ходів	0,84	0,83	0,90
5.	Агротехнічні показники: втрати зерном за жниваркою (вільним зерном та зерном у колосі), %	0,32	0,35	-

Натомість, питомі витрати палива у дослідного агрегату були на 10,4% меншими. Буксування його рушіїв не перевищувало 7%.

Експлуатаційно – технологічні і якісні показники роботи жниварно – луцильного та базового валкового агрегатів те ж приблизно однакові (див. табл.3.6).

Водночас, якщо технологічні операції скошування пшениці у валки і лу-

щення її стерні в новому варіанті виконувались одночасно одним агрегатом, то у базовому – двома. З урахуванням сукупних витрат впровадження нового жниварно - луцильного агрегату (трактор ХТЗ-16132, жниварка ЖВН-6Б та дискова борона) у порівнянні з базовим (комбайн СК-5 «Нива» з валковою жниваркою ЖВН-6 і трактор Т-150К з бороною БДТ-7) дозволяє зменшити:

- витрати праці - на 46,9%;
- прямі витрати - на 29,0%;
- питомі інвестиційні вкладення - на 16,1%;
- сукупні витрати – на 32,9%.

Практична експлуатація нового жниварно – луцильного агрегату дозволяє на кожному гектарі оброблюваної площі заощадити не менше 71 грн.

3.3.4. Орно-удобрювальний агрегат на основі трактора ХТЗ-16132

Одним із варіантів використання трактора сімейства ХТЗ-160 за перспективною схемою «штовхай-тягни» є комбінація технологічних процесів внесення мінеральних добрив і їх загорання у ґрунт. В реальних умовах господарювання ці операції, зазвичай, здійснюються окремо відповідними машинно-тракторними агрегатами. Інколи – із суттєвою різницею у часі, що є небажаним, оскільки певні мінеральні добрива після їх внесення вимагають негайного загорання у ґрунт.

Слід підкреслити, що при сівбі с.-г. культур вказані операції здійснюються одночасно. Але агрегати при цьому скомпоновані за схемою, в якій енергетичний засіб агрегатується з машиною, що має єдину раму і на ній можуть закріплюватися постійні або змінні робочі органи.

Одночасно внесення мінеральних добрив і їх загорання у ґрунт доцільно здійснювати агрегатом на основі трактора серії ХТЗ-160, до складу якого входять фронтально навішений розкидач мінеральних добрив і задньонавісне чи причіпне ґрунтообробне знаряддя. В якості останнього можна використовувати плуг, дискові луцильник або борону, культиватор для суцільного обробітку ґрунту тощо.

Цілком зрозуміло, що поряд з перевагами у нового комбінованого МТА є і свої проблеми. Перша полягає в тому, що більшість розкидачів мінеральних добрив мають механічний привід робочих органів від валу відбору потужності (ВВП) трактора з частотою їх обертання 540 обертів за хвилину. Водночас, передній ВВП трактора ХТЗ-16132 розвиває 1000 обертів за хвилину. Для забезпечення потрібного режиму роботи розкидача мінеральних добрив потрібен понижувальний редуктор. Нині його конструкцію розробив Таврійський державний агротехнологічний університет. Застосування редуктора дозволяє не тільки зменшити число обертання вихідного хвостовика до 540 об./хв., а й понизити на 140 мм висоту його розташування, що є конструктивно доцільним.

Іншим варіантом розв'язання цієї проблеми є застосування гідроприводу робочих органів розкидача мінеральних добрив. Але в цьому випадку бажано, аби трактор мав гідровідбір потужності.

Суть другої проблеми обумовлена потребою узгодження ширини захвату розкидача добрив із шириною захвату ґрунтообробного знаряддя. Чим більша значина останньої, тим легше розв'язується питання і навпаки. Пояснимо це на конкретному прикладі. Розроблений в нашому університеті орно-удобрювальний комбінований МТА складається із трактора ХТЗ-16232, плуга ПЛН-5-35 та угорського розкидача мінеральних добрив КТМ 0822-324 (рис.3.20).



Рис.3.20. Орно – удобрювальний агрегат на основі трактора ХТЗ-16132

Мінімальна ширина захвату розкидача становить 6 м, в той час, як у плуга ПЛН-5-35 вона не перевищує 1,8 м. В цьому випадку можна піти двома шляхами. Згідно з першим робочу ширину захвату розкидача слід зменшити принаймні до 2 м. Вченими університету для цього розроблені спеціальні регульовані обмежувачі. Попередні їх випробування показали, що рівномірність внесення мінеральних добрив при цьому не погіршується.

Другий шлях полягає в обладнанні розкидача обмежувачем, який забезпечує внесення мінеральних добрив тільки в одну сторону (вліво або вправо від поздовжньої осі симетрії трактора. При цьому розкидач налагоджують так, щоб ширина його одностороннього захвату (V_p) була k кратною ($k=1,2,3\dots$) ширині захвату плуга $V_{п}$ (рис.3.21).

Під час оранки у звальювання роблять прямий і зворотний хід і одночасно вносять добрива на смугі, загальна ширина якої становить $2 \cdot V_p$ (див. рис.3.22). Потім здійснюють $2 \cdot (k-1)$ проходів агрегату без внесення добрив. Після цього увесь процес повторюють знову.

При загортанні добрив широкозахватними ґрунтообробними знаряддями робочу ширину захвату розкидача встановлюють рівною їхній. В цьому випадку під час кожного робочого ходу КМТА відбувається внесення добрив з одночасним загортанням їх у ґрунт.

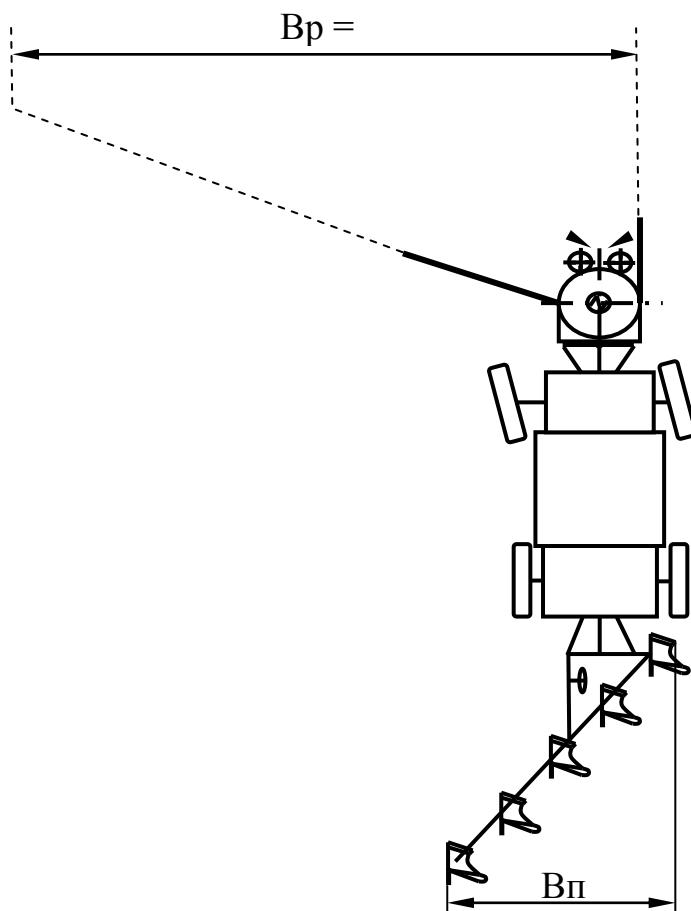


Рис.3.21. Схема роботи орно-удобрювального комбінованого МТА з одностороннім внесенням мінеральних добрив

3.3.5. Випробування ХТЗ-17022 на сівбі соняшнику

Останнім часом все більшої популярності набуває no-till технологія вирощування с.-г. культур. Для їх сівби за цією технологією використовуються сівалки прямого посіву. До їх числа відноситься і Great Plains CPH 20/2010F.

Випробування трактора ХТЗ-17022 з цією машиною (рис.3.22) досліджували на сівбі озимого соняшнику.



Рис.3.22. Трактор ХТЗ-17022 із сівалкою СРН 20/2010F в роботі

Сівба озимого соняшнику доцільна при температурі ґрунту не вище 2°C. В реальних умовах вона становила 3,6°C.

Середня щільність агрофону в шарі 0...15 см під час сівби дорівнювала 1,34 г/см³, а вологість – 18,9%.

Сівалка Great Plains СРН 20/2010F є універсальною, тобто призначеною для прямої сівби (тобто у непідготовлений завчасно ґрунт) як зернових колосових, так і технічних просапних культур. Для сівби соняшнику дана машин була налаштована на міжряддя 60 см. Конструктивна ширина захвату при цьому становила 6,0 м.

Посівний МТА рухався зі швидкістю 8,5 км/год. Насіння соняшнику загоралося на глибину 4...5 см.

Аналіз даних хронометражних спостережень показав (табл.3.8), що за 10 год. роботи досліджуваним МТА можна засіяти не менше 35 га.

Таблиця 3.8

Експлуатаційно – технологічні показники роботи посівного МТА

Показник	Значина
Склад МТА: трактор	ХТЗ-17022
сівалка	СРН 20/2010F
Умови роботи:	
- робоча ширина захвату, м	6,0
- кількість рядків	10
- ширина міжрядь, см	60
- середня робоча швидкість руху, км/год.	8,5
- довжина гону, м	800
Продуктивність, га/год.:	
- основного часу	5,1
- змінного часу	3,6
- експлуатаційного	3,5
Витрати:	
- праці, чол.·год. /га	0,28
- палива, кг/га	6,1
Коефіцієнти використання:	
- змінного часу	0,70
- експлуатаційного часу	0,69
- надійності технологічного процесу	0,98
- використання робочих ходів	0,96

Як і у варіанті з просапним агрегатом у складі ХТЗ-16132 і 12-и рядної сівалки «Optima», прямолінійність руху МТА на основі трактора ХТЗ-17022 виявилася задовільною. Непрямолінійність посівних рядків, визначена за методикою, викладеною у п. 3.2, відповідає агротехнічним вимогам.

При подальших випробуваннях за ступенем завантаження двигуна трактора ХТЗ-17022 слід визначити раціональну ширину захвату сівалки такого призначення.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз розробленої методики оцінки технологічної придатності тракторів для роботи у складі комбінованих МТА показав, що найвищу значину показника технологічної придатності ($K_{тп} = 0,8$) має вітчизняний енергетичний засіб ХТЗ-16131. Це обумовлено тим, що на основі трактора серії ХТЗ-160 можна реалізувати ефективну 12-и рядну систему вирощування просапних культур з міжряддями 70 см. Крім того, цей трактор краще за інших агрегується з плугами і вписується у перспективні технології точного та колійного землеробства.
2. Розроблено алгоритм моделювання оптимальних комплексів машин, який враховує їх використання при реалізації колійної системи землеробства враховує
3. Запропоновані переобладнання серійного плуга ПЛН-5-35 дали можливість, по-перше, агрегувати його з трактором серії ХТЗ-16132 і, по-друге, отримати орний МТА, якісні показники роботи якого відповідають агротехнічним вимогам.
4. Процес агрегування жниварно - луцильного агрегату займає менше 9 хв. Його загальна трудомісткість дорівнює 0,247 люд.-год. Найбільша (55%) частка часу агрегування припадає на навішування адаптера на валкову жниварку. Проте, здійснюється це лише один раз за сезон. За умови навішеного адаптера процес складання жниварно - луцильного агрегату займає близько 4 хвилин. Його трудомісткість не перевищує при цьому 0,112 люд.-год.
5. Шарнірне приєднання задньонавісної дискової борони і збільшення швидкості руху жниварно – луцильного агрегату призводять до погіршення якісних показників його роботи. На практиці це проявляється у вигляді збільшення дисперсії коливань висоти стерні та відхилень траєкторії валка від прямої лінії.
6. Якщо змінна продуктивність жниварно - луцильного та базового валкового агрегатів є практично однаковою, то питомі витрати палива - ні. У дослідного МТА вони на 10,4% менші, що пояснюється досить високим (85%) рівнем використання потужності двигуна його трактора.
7. Асиметричне приєднання 12-рядної просапної сівалки з міжряддями 70 см до трактора ХТЗ-16132 не погіршує прямолінійності його руху. Експериментальними дослідженнями встановлено, що амплітуда (дисперсія) і частота коливань траєкторії маркерного сліду асиметричного МТА відповідають агротехнічним вимогам.
8. Фронтальне навішування розкидачів мінеральних добрив на трактор ХТЗ-16132 відкриває новий напрямок використання енергетичних засобів цього сімейства у технологічному варіанті. Для практичної його реалізації хвостовик переднього валу відбору потужності енергетичного засобу серії ХТЗ-160 повинен мати принаймні два режими обертання: 1000 і 540 об./хв.

9. Перспективними напрямками експлуатації орно-просапних тракторів сімейства ХТЗ-160 є використання їх у агрегаті з передньонавісним культиватором та задньонавісною сівалкою/сівалками. Тягово-енергетичні можливості цих тракторів дозволяють реалізувати на їх основі як 18-и, так і 24-х рядні системи вирощування просапних культур з міжряддями 70 см. В першу чергу такі МТА потрібні для умов півдня України.
10. Трактори серії ХТЗ-170 можуть задовільно агрегатуватися із новими сівалками для суцільної сівби зернових колосових і просапних с.-г. культур. Подальшими дослідженнями слід обґрунтувати таку ширину їх захвату, які забезпечуватимуть раціональне завантаження двигуна енергетичного засобу.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Надикто В. Агрегативання як розділ землеробської механіки // Техніка і технології АПК. 2015. № 4. Р. 11–14.
2. Надикто В. Методика визначення потужності двигуна сільськогосподарського трактора // Техніка і технології АПК. 2014. № 1. Р. 7–9.
3. Безуглий М.Д. et al. Чи потрібен Україні типаж тракторів // Вісник аграрної науки. 2009. № 7. Р. 55–58.
4. Надикто В. Визначення максимального буксування колісних рушіїв з урахуванням обмеження їх тиску на ґрунт // Техніка і технології АПК. 2014. № 7. Р. 34–38.
5. Надикто, В.Т. et al. Перспективы использования трактора ХТЗ-120 // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1995. № 10. Р. 15–18.
6. Bulgakov V. et al. Theory of vertical oscillations and dynamic stability of combined tractor-implement unit // Agron. Res. 2016. Vol. 14, № 3. Р. 689–710.
7. 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. Р. 40–44.
8. Адамчук В.В. et al. Теоретичне обґрунтування типажу колісних сільськогосподарських тракторів для України // Вісник аграрної науки. Національна академія аграрних наук України, 2017. № 1. Р. 43–47.
9. Надикто В.Т. Роль енергонасыщенности тракторов в формировании их типажа // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 3. Р. 16–21.
10. Надикто В.Т. Роль модульных энергосредств в формировании типажа тракторов в Украине // Тракторы и сельхозмашины. 2010. № 6. Р. 22–25.
11. Надикто В.Т. Агрегатирование МЭС с передненавесным плугом // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1994. № 7. Р. 21–23.
12. Надикто В.Т., Генев О.І., Аюбов А.М. Аналіз рівноваги заднього та фронтального плугів у поздовжньо-вертикальній площині // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. 2003. № 21. Р. 105–112.
13. Кутьков Г.М. et al. Выбор рациональной схемы агрегатирования мобильного энергетического средства с плугом // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1990. № 3. Р. 21–23.
14. Кюрчев В., Надикто В. Орний агрегат на основі трактора серії ХТЗ-160 // Техніка і технології АПК. 2010. № 4. Р. 5–7.
15. Надикто В.Т. Орно-удобривальний агрегат // Ukr. Farmer. 2011. № 9. Р. 22–23.
16. Надикто В.Т. Перспективное направление создания комбинированных и широкозахватных МТА // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2008. № 3. Р. 26–30.
17. Надикто В.Т. Управляемость и устойчивость движения агрегата на основе МЭС // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1998. № 7. Р. 17–20.

18. Булгаков В.М., Кравчук В.І., В.Т. Н. Агрегативання плугів. К.: Аграрна наука, 2008. 152 р.
19. Надыкто В.Т. Снижение энергозатрат пахотными МТА на основе МЭС // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1996. № 10. Р. 8–11.
20. Надыкто В.Т. Основы агрегатирования модульных энергетических средств. Мелитополь: КП “ММД,” 2003. 240 р.