

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.

2013

Результати роботи розглянуто НТР,  
протокол № \_\_\_ від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2013 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 3.2, 3.3)
Доцент	А.Аюбов (участь у 3.2, 3.3, 3.4 )
Доцент	В.Кувачов (участь у 3.2, 3.3)
Аспірант	В.Рубанський (участь у 3.2, 3.3, 3.4)
Завідувач лабораторії	С.Шило (участь у 3.2, 3.3, 3.4)
Провідний інженер	М.Григоренко (участь у 3.2, 3.3, 3.4)
Провідний інженер	Т.Рева (участь у 3.2, 3.3)
Старший лаборант	О.Котов (участь у 3.2, 3.3)

## РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 20 с. тексту, 5 рис., 2 табл., 14 джерел, 1 додаток на 1 с.  
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:

- запропоновано аналітичну залежність для розрахунку необхідної потужності двигуна енергетичного засобу з урахуванням його номінального тягового зусилля, а також умов практичної експлуатації;
- 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;
- сформульовано вимоги до механізатора, робота якого може забезпечити задовільну прямолінійність руху просапного машинно - тракторного агрегату на основі трактора з шарнірно-зчленованою рамою;
- здійснено випробування трактора ХТЗ-17022 на прямій сівбі озимої пшениці сівалкою СРН 20/2010F;
- модернізовано плуг-чизель для здійснення глибокого смугового обробітку ґрунту для реалізації вирощування просапних (і інших) сільськогосподарських культур за новою «strip-till»-технологією.

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

## ЗМІСТ

	с.
ВСТУП. ....	5
1 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ. ....	6
2 ОБ'ЄКТИ і МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ. ....	6
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. ....	7
3.1. Методика визначення потужності двигуна с.-г. трактора. ....	7
3.2. Лабораторно – польові випробування машинно-тракторного агрегату для сівби просапних культур. ....	12
3.3. Експериментальні дослідження ХТЗ-17022 на сівбі озимої пшениці. ....	15
3.4. Удосконалення МТА для смугового основного обробітку ґрунту за технологією «strip-till». ....	17
ВИСНОВКИ. ....	18
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ. ....	19
ДОДАТКИ. ....	20

## 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. Теоретичні основи визначення потрібної потужності двигуна сільськогосподарського трактора
- 1.2. Лабораторно – польові випробування машинно-тракторного агрегату для сівби просапних культур
- 1.3. Експериментальні дослідження ХТЗ-17022 на сівбі озимої пшениці
- 1.4. Удосконалення агрегату на базі ХТЗ-17022 для реалізації «strip-till» технології

## 2 Об'єкти і методика досліджень

Об'єктами досліджень були технологічні процеси, виконувані машинно-тракторними агрегатами (МТА) на базі трактора сімейства ХТЗ загального призначень – ХТЗ-17022. Із вказаних МТА два – посівні і один – ґрунтообробний. Із посівних агрегатів один призначений для сівби просапних культур, а другий – для сівби зернових колосових.

При здійсненні теоретичних досліджень використовували енергетичний баланс теорії трактора, а також аналітичні залежності для визначення енергонасиченості модульних енергетичних засобів перемінного тягового класу (МЕЗ).

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. За основу вказаних показників взято розроблений в Таврійському державному агротехнологічному університеті новий частотно-дисперсійний показник.

Характеристики агрофонів (вологість, щільність, забур'яненість 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. Методика визначення потужності двигуна с.-г. трактора

Механічним об'єктом, який визначає ефективність сільськогосподарського виробництва, є не трактори чи окремо взяті машини/знаряддя, а їх взаємообумовлене поєднання у вигляді конструкцій, які прийнято називати машинно-тракторними агрегатами (МТА) [1]. Саме їм притаманні ті важливі характеристики, які в кінцевому рахунку цікавлять споживача техніки: продуктивність праці, питомі витрати палива, якість роботи, експлуатаційні і сукупні витрати тощо.

Одна річ, коли фірма-виробник виготовляє і пропонує на ринку як трактори, так і **адаптовані** до них машини та знаряддя (тобто, по суті справи, - МТА). В цьому випадку згадані вище показники їх роботи для визначених ґрунтово-кліматичних умов є, як правило, оптимізованими.

Зовсім інша справа там, де енергетичні засоби виробляють одні підприємства, а шлейф машин/знарядь до них – інші (як в Україні, наприклад). Тут не виключається ситуація, коли маючи досить хороші енергетичні засоби та машини/знаряддя, можна отримати не зовсім ефективні машинно-тракторні агрегати з усіма впливаючими звідси негативними наслідками.

В роботах уже наголошувалось [2–8], що виправити такий стан речей можна лише шляхом розробки вітчизняного типу тракторів. Його наявність гармонізуватиме діяльність тракторо- і сільгоспмашинобудуваників. Адже перші на рівні відповідного ДСТУ задаватимуть той, заздалегідь обумовлений, діапазон зміни основних конструктивних параметрів енергетичних засобів, які при проектуванні машин/знарядь зобов'язані будуть враховувати другі. Результатом такої погодженості їх дій буде створення Системи машин - базису для розробки ефективних МТА.

В минулі часи ми керувалися ГОСТ 27021-86 (СТ СЭВ 628-85), в якому визначальним параметром побудови типорозмірного ряду тракторів було їх номінальне тягове зусилля. Ще раніше для визначення класу трактора застосовувались як тягова (кінець 20-х років), так і встановлена (1946 р.) потужність двигуна. Проте в кінцевому рахунку від такої класифікації енергетичних засобів відмовились. Як виявилось, обидва види потужності двигуна не характеризують набір машин/знарядь, з якими може працювати той чи інший трактор. Таку задачу можна вирішити, оперуючи лише його номінальним тяговим зусиллям [4].

До речі, офіційної класифікації закордонних тракторів за потужністю двигуна нині **не існує**. З цим твердженням погодились ті російські вчені, які свого часу були причетні до розробки ГОСТ 27021-86. Справа тому, що вказані в цьому документі стандарти класифікують не самі закордонні трактори (причому тільки колісні!), а регламентують розміри і вимоги до їх трито-

чкових задніх навісних пристроїв або за величиною реалізуємої потужності через ВВП (ISO 730-1:1977, ISO 730-2:1979, ISO 730-3:1982, ISO/DIS 730), або за величиною максимальної тягової потужності (PAES 118:2001).

Тому, запропонована в ГОСТ 27021-86 (СТ СЭВ 628-85) система розподілу тракторів 10 тягових класів на аналогічні 4 групи за потужністю двигуна є хибною, а її використання може приводити до принципових помилок в системі агрегаткування енергетичних засобів.

Не зважаючи на це, вперто відстоюється спроба перейти на класифікацію тракторів за потужністю двигуна, безсистемно поділяючи їх на незрозумілі ні для науковців, ні для практиків сегменти, класи тощо.

Якщо вже і приймати в якості оцінювального параметра потужність, то слід чітко розуміти її взаємозв'язок з експлуатаційною масою трактора та його номінальним тяговим зусиллям. Інакше марно сподіватися на вдале розв'язання проблеми ефективного агрегаткування будь-якого мобільного енергетичного засобу.

Природу цього взаємозв'язку з'ясуємо з допомогою наступної методології. В загальному випадку потужність двигуна витрачається на виконання основного технологічного процесу, здійснення роботи в різних механізмах трактора і його взаємодію з опорною поверхнею руху. У розгорнутому вигляді баланс потужностей енергетичного засобу має наступний вид [4]:

$$N_e = N_{кр} + N_{тр} + N_{\delta} + N_f + N_i + N_j + N_{ввп} + N_{ком} + N_r + N_n + N_p, \quad (1)$$

де  $N_e$  – встановлена (ефективна) потужність двигуна;  $N_{кр}$  – тягова потужність трактора;  $N_{тр}$ ,  $N_{\delta}$ ,  $N_f$ ,  $N_i$  – потужності, які характеризують витрати енергії на тертя в трансмісії, буксування рушіїв, подолання опорів кочення і підйому трактора;  $N_j$  – потужність сил інерції;  $N_{ввп}$  – потужність, яка передається через передній і/або задній вали її відбору;  $N_{ком}$  – потужність, необхідна для створення комфортних умов роботи тракториста;  $N_r$  – потужність розсіювання, яка вбирається (поглинається) пружними елементами конструкції трактора;  $N_n$  – потужність, яка неповністю використовується двигуном енергетичного засобу із-за перемінного характеру тягового навантаження;  $N_p$  – потужність, яка витрачається на виправлення непрямолінійного робочого руху трактора у складі МТА.

Д.т.н. Кутьков Г.М. не без підстав стверджує, що «ступінь досконалості трактора як тягача і відповідність його функціональному призначенню характеризує зміну окремих складових енергетичного балансу в залежності від тягового зусилля на гаку  $R_{кр}$ » [9,10]. Тому складові балансу потужностей (1)  $N_{ввп}$  і  $N_{ком}$ , які напряду не залежать від  $R_{кр}$ , із подальшого аналізу виключимо. Аналогічно поступимо і з потужностями  $N_i$  та  $N_j$  із-за знакоперемінного характеру їх дії. Тим більше, що на горизонтальних ділянках шляху складова  $N_i$  взагалі не проявляється, а  $N_j$  має місце лише при розгоні та га-



льмуванні машинно-тракторного агрегату. Але із-за відносно малих швидкостей робочого руху с.-г. машинно-тракторних агрегатів її вплив в загальному балансі потужностей можна вважати незначним.

Тепер декілька слів про такі динамічні складові балансу потужностей, як  $N_p$ ,  $N_n$  та  $N_{п}$ . Основна частина дисипативних втрат енергії здійснюється у підвісці та пневматичних шинах трактора. У К-701, наприклад, потужність  $N_p$  становить майже 4 кВт.

Дослідженнями Г.М.Кутькова встановлено, що із-за нелінійної регуляторної характеристики двигуна і коливального характеру зовнішнього навантаження, яке діє на трактор у складі МТА, встановлена потужність повністю не може бути використана. Причому, недовикористання величини  $N_e$  не залежить від того, чи будуть втрати потужності, обумовлені зміною фізичних умов протікання процесів в двигуні із-за коливального характеру зовнішнього навантаження, чи таких втрат не буде. За наявності вони, як підкреслює Г.М.Кутьков, повинні визначатися окремо.

Величина складової  $N_n$  визначається при цьому із виразу:

$$N_n = M_{кн} \cdot (\omega_n - \omega_{ср}),$$

де  $M_{кн}$  – номінальна значина крутного моменту двигуна;  $\omega_n$ ,  $\omega_{ср}$  – кутова швидкість обертання колінчастого валу двигуна трактора при постійному та перемінному характеру зовнішнього навантаження (моменту  $M_{кн}$ ).

Складові  $N_{п}$  відображає втрати енергії, обумовлені здійсненням підворотів трактора під час його робочого руху на гоні у складі МТА. І чим стійкіший до зовнішніх збурень останній, тим меншою є величина цих втрат. Для подальшого аналізу залишаються перші чотири складові балансу (1), які визначають мінімально необхідну потужність двигуна трактора:

$$N_e = N_{кр} + N_{тр} + N_{\delta} + N_f \quad (2)$$

Вираз (2) представляє статичний баланс потужностей енергетичного засобу. У розкритому вигляді його можна представити так [11]:

$$N_e = f(M_T) = \frac{D_1 \cdot M_T^3 + D_2 \cdot M_T^2}{M_T^2 - D_3 \cdot M_T - D_4} \cdot D_5 \quad (3)$$

де

$$\begin{aligned} D_1 &= V_0 \cdot f \cdot g; \\ D_2 &= V_0 \cdot P_{кр.т} \cdot (1+3 \cdot V_x); \\ D_3 &= A \cdot P_{кр.н} \cdot (1+3 \cdot V_x)/g; \\ D_4 &= B \cdot [P_{кр.н} \cdot (1+3 \cdot V_x)/g]^2; \\ D_5 &= K_v/\eta_{тр.т}; \end{aligned}$$

В отриманих залежностях прийнято наступні позначення:  $M_T$  – експлуатаційна маса трактора;  $V_0$  – робоча швидкість руху МТА;  $f$  – коефіцієнт опору коченню коліс трактора;  $P_{кр.н}$ ,  $A$ ,  $B$  – номінальне тягове зусилля і коефіцієнти апроксимації кривої буксування енергетичного засобу;  $V_x$  – коефі-

цієнт варіації коливань тягового навантаження трактора;  $K_v$  – коефіцієнт кінематичної невідповідності в приводі мостів енергетичного засобу;  $\eta_{\text{тр.т}}$  – ККД трансмісії трактора.

Оптимальна значина експлуатаційної маси трактора може бути визначена із виразу (3) шляхом розв'язання частинної похідної  $\partial N_e / \partial M_T = 0$ . В результаті отримано [12]:

$$M_T = \sqrt[3]{-q/2 - \sqrt{D}} + \sqrt[3]{-q/2 + \sqrt{D}}, \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \text{де } D &= (p/3)^3 + (q/2)^2; & p &= (3 \cdot s - r^2)/3; \\ q &= (2 \cdot r^3/27) - r \cdot s/3 + t. & r &= -2 \cdot D_3; \\ s &= -(D_2 \cdot D_3 + 3 \cdot D_1 \cdot D_4)/D_1; & t &= -2 \cdot D_2 \cdot D_4/D_1. \end{aligned}$$

Далі визначивши експлуатаційну масу трактора із (4) і підставивши її у (3), можна розрахувати мінімально необхідну потужність його двигуна.

Для здійснення конкретних розрахунків задамося значинами тих величин, які входять у вираз (3). У першу чергу це стосується верхньої межі робочих швидкостей руху машинно - тракторних агрегатів. Практикою встановлено, що для більшості сучасних ґрунтообробних і посівних сільськогосподарських МТА перехід на робочі швидкості вище 10 км/год. недоцільний, тому що відбувається зниження продуктивності праці і підвищення погектарної витрати палива. Зазначена швидкісна межа практично дорівнює середній значині, яка рекомендується для всіх інших технологічних операцій. У Білорусії, наприклад, МТА задовільно працюють на оранці при швидкості 8...10 км/год., культивації - 7...9 км/год., луценні стерні - 8...9 км/год., борошуванні - 9...10 км/год. Приблизно такі ж швидкісні режими характерні агрегатам, що працюють у Нечорноземній зоні Росії, на півдні України і т. д. [13]. У зв'язку з цим дійсну швидкість руху МЕЗ, яка відповідає номінальній потужності його двигуна, можна прийняти рівною 10 км/год.

Після збирання врожаю с.-г. культур практично всіма технологічними регламентами передбачено проведення луцення або дискування стерні. В подальшому саме по такому агротехнічному фону проводяться найбільш енергоємні операції, пов'язані з основним обробітком ґрунту. В процесі їх здійснення коефіцієнт опору кочення колісних енергетичних засобів, як показує практика досліджень, становить 0,10...0,14, а коефіцієнт варіації тягового навантаження трактора змінюється в діапазоні 2...6%. Тому для подальших розрахунків приймемо  $f = 0,12$  і  $V_x = 0,04$  (тобто 4%).

Для прикладу розглянемо досить розповсюджені в господарствах України колісні енергетичні засоби тягового класу 3 (серії ХТЗ-170). Ці трактори мають інтегральну компоновальну схему, блокований привід коліс переднього та заднього мостів і наступні характеристики:  $N_e = 128,7...132,4$  кВт;  $M_T = 8,59...8,98^1$  т;  $P_{\text{кр.н}} = 32$  кН<sup>\*</sup>;  $K_v = 1,03$  [9];  $A = -0,07^*$ ;  $B = 0,7^*$ ;  $\eta_{\text{тр.т}} = 0,92$  [8].

<sup>1</sup> в залежності від марки встановленого двигуна

Розрахунки показують, що оптимальна експлуатаційна маса тракторів тягового класу 3 повинна становити 9,0 т, мінімальна потужність двигуна – 158 кВт (215 к.с.), а мінімальна енергонасиченість – 17,5 кВт/т. Як бачимо, в дійсності енергетичні засоби серії ХТЗ-170 за практично оптимальної експлуатаційної маси мають приблизно на 26...30 кВт меншу потужність двигуна. І це щонайменше, адже з урахуванням згадуваних вище складових  $N_p$ ,  $N_n$ ,  $N_{п}$  і  $N_{ком}$  дійсна, розрахована за виразом (3), значина  $N_e$  має бути збільшена приблизно на 15...20 кВт. Потенціальна енергонасиченість трактора становитиме при цьому 19...20 кВт/т. А це на 23...40% більше, ніж реальна, яка для енергетичних засобів серії ХТЗ-170 нині становить 14,3...15,4 кВт/т.

Між іншим, згідно із залежностями (3) і (4), трактор тягового класу типу К-701 повинен мати експлуатаційну масу 14,5 т, мінімальну потужність двигуна 252 кВт (356 к.с.) і мінімальну енергонасиченість 18,0 кВт/т. Реальні його характеристики були наступними:  $M_t = 13,7$  т;  $N_e = 198,5$  кВт (270 к.с., тобто на 86 к.с. менша!), а енергонасиченість – 14,5 кВт/т.

**Таким чином**, знаючи необхідну експлуатаційну масу трактора (а значить і його приблизне номінальне тягове зусилля), можна, використовуючи вираз (3), визначити необхідну потужність його двигуна. Використовуючи ці дані, досить просто встановити той шлейф с.-г. машин/знарядь, який необхідний для агрегування трактора з такими основними конструктивними параметрами. Принаймні найпростіший алгоритм цього процесу відомий всім випускникам вищої технічної аграрної школи.

Натомість, оперуючи лише потужністю двигуна, досить проблематично визначити ефективні варіанти використання того чи іншого енергетичного засобу. Тим більше на сучасному етапі, який характерний впровадженням нової, тягово-енергетичної концепції розвитку трактора. Згідно з її положеннями енергонасиченість останнього може становити не 14...18, а 30...40 кВт/т і навіть більше. І тут виникає питання, яку інформацію щодо технологічних властивостей такого енергетичного засобу несе потужність двигуна? Адже може виявитися, що один трактор з  $N_e = 184$  кВт (250 к.с.) відноситься до енергетичних засобів тягового класу 2, а другий – з цією ж потужністю двигуна, - до представників тягового класу 3 або 4. Але ж системи машин для їх агрегування, як відомо, різні.

**Звідси випливає**, що чітке упорядкування правил експлуатації мобільних енергетичних засобів можливе лише за наявності їх типажу, основним класифікаційним параметром якого має бути номінальне тягове зусилля (тяговий клас). Додатковим (причому обов'язковим) параметром повинна виступати енергонасиченість трактора, як така, що органічно пов'язує його експлуатаційну масу з потужністю двигуна. Методологічні основи розрахунку останньої викладено вище.

---

\* - з розрахункових тягових характеристик

### 3.2. Лабораторно – польові випробування машинно-тракторного агрегату для сівби просапних культур

При роботі будь-якого просапного машинно-тракторного агрегату головним показником якості здійснення ним технологічного процесу є прямолінійність руху на робочому гоні.

Для оцінювання кривизни траєкторій сходів просапних культур нами запропоновано новий частотно-дисперсійний показник [14]. Згідно з ним непрямолінійність рядків є прийнятною тоді, коли дисперсія ( $D$ ) і частота зрізу нормованої спектральної щільності їх коливань ( $\omega_c$ ) відповідають наступним вимогам:

$$\left. \begin{array}{l} D \leq 12,50 \text{ см}^2; \\ \omega_c \leq 0,25 \text{ м}^{-1} \end{array} \right\} \quad (5)$$

Експериментальні дослідження другий рік поспіль проводили агрегатом у складі трактора з шарнірно-зчленованою рамою серії ХТЗ-17022 та 12-и рядної просапної сівалки «Optima» (рис.3.1). Механізатор на цьому МТА уже мав досвід роботи. Методологія оцінки його практичних навичок описана у минулорічному звіті за інв. №1-2012\_01.



Рис.3.1 – Посівний МТА на основі трактора ХТЗ-17022 в роботі

Під час випробувань вологість ґрунту в шарі 0...15 см становила 16,9%, а щільність – 1,24 г/см<sup>3</sup>.

Як і минулого року, тиск повітря в шинах трактора ХТЗ-17022 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 саму глибину, що і на основному агротехнічному фоні.

Посівний агрегат рухався зі швидкістю 9,36 км/год. (2,6 м/с). За робочої ширини захвату МТА 8,4 м продуктивність його роботи за час основного часу становила 7,9 га (табл.3.1). За 10 год. змінного часу даним МТА можна засіяти не менше 59 га.

Після проходу посівного машинно-тракторного агрегату реєстрували траєкторію сліду маркеру сівалки (рис.3.2а) та ширину стикового міжряддя. На основі отриманих даних розраховували дисперсії ( $D$ ) та нормовані спектральні щільності [ $S(\omega)$ ] коливань вимірюваних параметрів.

Експлуатаційно-технологічні показники роботи посівного МТА  
на базі трактора із шарнірно-зчленованою рамою

Показник	Значина
Склад МТА: трактор	ХТЗ-17022
сівалка	«Optima»
Умови роботи:	
- вологість ґрунту в шарі 0...15 см, %	16,9
- щільність ґрунту, г/см <sup>3</sup>	1,24
- робоча ширина захвату, м	8,4
- кількість рядків	12
- середня робоча швидкість руху, км/год.	9,36
Продуктивність, га/год.:	
- основного часу	7,9
- змінного часу	5,9
Витрати палива, кг/га	5,1
Коефіцієнти використання:	
- змінного часу	0,75
- надійності технологічного процесу	0,99



Рис.3.2 – Прямолінійність маркерного сліду (а) та слідів посівних секцій просапної сівалки (б), агрегатованої з ХТЗ-17022

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...0,14 м<sup>-1</sup> (рис.3.3). За швидкості руху агрегату 2,6 м/с – це 0...0,36 с<sup>-1</sup> або 0...0,06 Гц. Частота зрізу обох спектральних щільностей при цьому практично однакова і становить  $\omega_c = 0,35$  м<sup>-1</sup> (див. рис.3.3).

Як засвідчують дані рис.3.3, дисперсія коливань траєкторії рядків соняшнику, посіяного машинно-тракторним агрегатом на основі трактора із шарнірно - зчленованою рамою, становить  $8,71 \text{ см}^2$ . Це менше, ніж допустима значина цього показника, яка дорівнює  $12,50 \text{ см}^2$ .

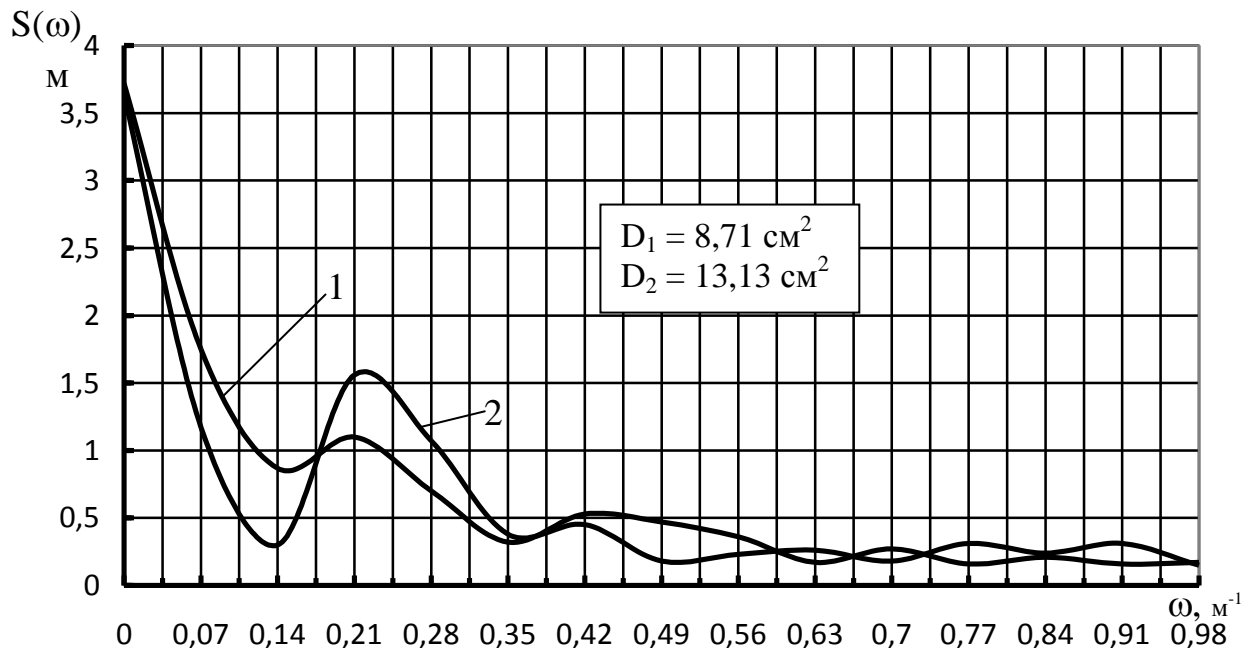


Рис.3.3 – Нормовані спектральні щільності коливань траєкторій рядків (1) та стикових міжрядь (2) сходів соняшнику, посіяного МТА на основі трактора ХТЗ-170

Тобто за енергією процесу (дисперсією коливань) прямолінійність рядків просапної культури, посіяної агрегатом на основі ХТЗ-17022, є задовільною, оскільки задовольняється перша вимога системи (5).

Натомість, дисперсія коливань ширини стикових міжрядь просапного МТА є більшою за нормативну ( $13,13 \text{ см}^2$  проти  $12,50 \text{ см}^2$ ). Але оскільки ці статистичні характеристики (тобто дисперсії) є оцінками випадкового процесу, то для їх порівняння застосовують загальновідомий F-критерій Фішера [13]. З отриманих нами експериментальних даних випливає, що дійсна його значина  $F_d = 13,13/12,50 = 1,05$ . Таблична значина цього критерію при кількості замірів амплітуди коливань міжряддя 100 і більше дорівнює  $F_T = 1,39$  [13]. Порівнюючи між собою значини  $F_d$  і  $F_T$ , отримуємо, що

$$F_d = 1,05 < F_T = 1,39$$

Такий результат вказує на те, що нуль-гіпотеза про рівність порівнюваних дисперсій на статистичному рівні значущості 0,05 не відхиляється. В результаті з ймовірністю 95% можна стверджувати, що дисперсія коливань стикових міжрядь соняшнику, посіяного новим машинно-тракторним агрегатом на базі трактора з шарнірно-зчленованою рамою ХТЗ-17022, відповідає агротехнічним вимогам.



Співставлення даних рис.3.3 з другою вимогою системи (5) показує, що частоти коливань траєкторій слідів висівної секції просапної сівалки та стикових міжрядь вищі за нормативну. В той час, коли остання має становити не більше  $0,25 \text{ м}^{-1}$  (5), реальні значини частот зрізу спектральних щільностей обох оцінюваних коливальних процесів є практично однаковими ( $0,35 \text{ м}^{-1}$ ) і більшими за нормативну на 40%.

Наскільки це суттєво (і чи суттєво взагалі!), можна визначити лише після проведення ґрунтовних досліджень роботи просапного агрегату при виконанні ним міжрядного обробітку сходів, посіяних МТА на основі трактора ХТЗ-17022. Проведення такої роботи заплановано на 2014 р.

### 3.3. Експериментальні дослідження ХТЗ-17022 на сівбі озимої пшениці

Для реалізації no-till технологій вирощування с.-г. культур застосовують сівалки прямого посіву. До їх числа відноситься і Great Plains СРН 20/2010F.

#### Коротка технічна характеристика сівалки СРН 20/2010F.

Робоча ширина захвату, м	6,1
Транспортна ширина, м	6,2
Об'єм бункера, $\text{м}^3$	1691
Кількість сошників	40
Маса, кг	4715

Випробування трактора ХТЗ-17022 з цією машиною (рис.3.4) у звітному році досліджували на сівбі озимої пшениці.



Рис.3.4 - Трактор ХТЗ-17022 із сівалкою СРН 20/2010F в роботі

Середня щільність агрофону в шарі 0...10 см під час сівби дорівнювала  $1,26 \text{ г/см}^3$ , а вологість – 24,2%.

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 озимої пшениці дана машин була налаштована на міжряддя 15 см. Конструктивна ширина захвату при цьому становила 6,1 м.

Посівний МТА рухався зі швидкістю 10,0 км/год. (2,8 м/с). Насіння озимої пшениці загорталося при цьому на глибину 4...5 см.

Аналіз даних хронометражних спостережень показав (табл.3.2), що за 10 год. роботи основного (чистого) часу досліджуваним МТА потенційно можна засіяти не менше 60 га.

Таблиця 3.2

Експлуатаційно – технологічні показники роботи посівного МТА

Показник	Значина
Склад МТА: трактор сівалка	ХТЗ-17022 СРН 20/2010F
Умови роботи:	
- робоча ширина захвату, м	6,0
- кількість рядків	40
- ширина міжрядь, см	15
- середня робоча швидкість руху, км/год.	10,0
- довжина гону, м	1055
Продуктивність, га/год.:	
- основного часу	6,0
- змінного часу	4,8
- експлуатаційного	4,6
Витрати:	
- праці, чол.·год. /га	0,21
- палива, кг/га	6,2
Коефіцієнти використання:	
- змінного часу	0,80
- експлуатаційного часу	0,77
- надійності технологічного процесу	0,99
- використання робочих ходів	0,94

Водночас, за 10 год. експлуатаційного часу зміни засіяна площа може становити не менше 46 га. За середньої площі поля на півдні України 70...80 га кожне із них засіватиметься практично за два робочих дні.

При сівбі зернових колосових культур вимоги до прямолінійності руху посівного агрегату не такі строгі, як для просапного. Проте, як і у варіанті з просапним агрегатом у складі ХТЗ-17022 і 12-и рядної сівалки «Optima», прямолінійність руху посівного МТА із зернової сівалкою СРН 20/2010F виявилася задовільною. Справа в тому, що при сівбі зернових культур маркери практично не застосовуються. Із-за цього механізатор практично не звертає уваги на кривизну траєкторії попереднього проходу МТА, що і забезпечує задовільну прямолінійність його руху.



### 3.4. Удосконалення МТА для смугового основного обробітку ґрунту за технологією «strip-till»

Для сівби просапних культур за технологією «strip-till» в минулому році досліджували агрегат у складі трактора ХТЗ-17022 та плуга-чизеля, під умовною маркою ПЧ-3,5. Для цього у серійного плуга ПЧ-4,5 від'єдали бокові крила, а робочі органи розставили із міжряддями 70 см (рис.3.5).



Рис.3.5 – Агрегат для смугового обробітку ґрунту за технологією «strip-till»: 1-маркер; 2 - слідопоказчик

#### Коротка технічна характеристика ґрунтообробного знаряддя ПЧ-3.5

Кількість робочих органів	5
Ширина міжрядь, м	0,7
Робоча ширина захвату, м	3,5
Маса, кг	1000

Результати випробувань минулого року виявили наступне. Розроблений агрегат має 5 робочих органів. Для сівби соняшнику на півдні України застосовують 6-и, і/або 8-и рядкові машинно-тракторні агрегати на основі тракторів тягового класу 1,4. Для того, щоб навесні посівним агрегатом попасти в рядки, прокладені восени даним ґрунтообробним агрегатом, слід забезпечити досить точні міжряддя між його проходами.

Для розв'язання цієї задачі трактор має бути обладнаний системою GPS. Але, враховуючи відносно нестабільну роботу, недостатню точність та високу ціну останньої, прийнято рішення обладнати трактор спеціальним простим слідопоказчиком (див. рис.3.5).

Передбачається, що перший робочий прохід МТА здійснювати по заздалегідь прокладеним вішкам. Під час подальшого руху механізатор суміщатиме маркери 1 слідопоказчика 2 з траєкторією попереднього проходу агрегату, забезпечуючи цим самим задану ширину міжрядь (70 см).

## ВИСНОВКИ

1. Знаючи необхідну експлуатаційну масу трактора (а значить і його приблизне номінальне тягове зусилля), можна, використовуючи вираз (3), визначити необхідну потужність його двигуна. **Розрахунки за формулою (3) показали, що двигун трактора серії ХТЗ-170 повинен мати потужність, на 26...30 Квт більшу за встановлену.**
2. Оперуючи лише потужністю двигуна, досить проблематично визначити ефективні варіанти використання того чи іншого енергетичного засобу. Тим більше на сучасному етапі, який характерний впровадженням нової, тягово-енергетичної концепції розвитку трактора.
3. Чітке упорядкування правил експлуатації мобільних енергетичних засобів можливе лише за наявності їх типажу, основним класифікаційним параметром якого має бути номінальне тягове зусилля (тяговий клас). Додатковим (причому обов'язковим) параметром повинна виступати енергонасиченість трактора, як така, що органічно пов'язує його експлуатаційну масу з потужністю двигуна.
4. За дисперсією коливання траєкторії рядків ( $8,71 \text{ см}^2$ ) та міжрядь ( $13,13 \text{ см}^2$ ) соняшнику, посіяного машинно-тракторним агрегатом на основі трактора ХТЗ-17022, практично відповідають бажаним ( $12,5 \text{ см}^2$ ), а за частотою – ні. Вплив цього фактору на якість проведення міжрядного обробітку сходів просапної культури вимагає додаткового вивчення.
5. 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 (5).
6. Експлуатаційно-технологічними дослідженнями встановлено, що за 10 год. експлуатаційного часу зміни машинно-тракторний агрегат у складі трактора ХТЗ-17022 і зернової сівалки прямого посіву СРН 20/2010F може засіяти не менше 46 га. Це означає, що за середньої площі поля на півдні України 70...80 га кожне із них засіватиметься даним МТА практично за два робочих дні.
7. Модернізовано машинно-тракторний агрегат у складі трактора ХТЗ-17022 і плуга-чизеля ПЧ-3,5, призначеного для здійснення смугового основного обробітку ґрунту при реалізації вирощування просапних культур за технологією «strip-rill». Експлуатаційно-технологічні випробування даного МТА заплановано провести у 2014 р.

## СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Надикто В. Агрегатування як розділ землеробської механіки // Техніка і технології АПК. 2015. № 4. Р. 11–14.
2. Безуглий М.Д. et al. Чи потрібен Україні типаж тракторів // Вісник аграрної науки. 2009. № 7. Р. 55–58.
3. Надикто В.Т. Енергонасиченість тракторів та шляхи її реалізації // Техніка і технології АПК. 2011. № 9. Р. 8–11.
4. Надикто В. Методика визначення потужності двигуна сільськогосподарського трактора // Техніка і технології АПК. 2014. № 1. Р. 7–9.
5. Надикто В. Перспективи тракторної енергетики та машинобудування в Україні // Техніка і технології АПК. 2017. № 4. Р. 11–14.
6. Надикто В.Т. Роль модульних енергосредств в формировании типажа тракторов в Украине // Тракторы и сельхозмашины. 2010. № 6. Р. 22–25.
7. Надикто В.Т. Роль энергонасыщенности тракторов в формировании их типажа // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 3. Р. 16–21.
8. Адамчук В.В. et al. Теоретичне обґрунтування типу колісних сільськогосподарських тракторів для України // Вісник аграрної науки. Національна академія аграрних наук України, 2017. № 1. Р. 43–47.
9. Кутьков Г.М. et al. Модульное энерготехнологическое средство МЭС-300 кл. 3-5 // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1998. № 2. Р. 16–20.
10. Кутьков Г.М., Надикто В.Т., Черепухин В.Д. Технико-экономический анализ применения МЭС на возделывании пропашных культур // Техника в сельском хозяйстве. 1997. № 2. Р. 16–18.
11. Надикто В.Т. Основы агрегатирования модульных энергетических

средств. Мелитополь: КП “ММД,” 2003. 240 р.

12. Надикто В.Т., Чаплинський А.П. До питання про тяговий коефіцієнт корисної дії модульного енергетичного засобу // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. 2006. № 35. Р. 118–129.
13. Guskov V.V. et al. Tractory: Theory. Moscow: Mashinostroeniye (in Russian), 1988. 376 р.
14. 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.