

УДК 631.37

АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ЗМЕНШЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ВИТРАТ НА ОРАНЦІ

Кістечок О.Д., аспірант^{*}

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-06-94

Анотація – викладено результати аналізу зменшення енергетичних витрат на оранці. Вказано переваги та основні недоліки орних машинно-тракторних агрегатів за схемою «push-pull». Обумовлено перспективи застосування таких МТА в умовах України.

Ключові слова – оранка, фронтальний плуг, трактор, енергетичні витрати, продуктивність праці.

Постановка проблеми і мета роботи. Не дивлячись на постійно зростаючу популярність системи «no-till», оранка продовжує займати чільне місце у складі технологічних процесів основного обробітку ґрунту. Проте вона як була, так і залишається найбільш енергоємною операцією сільськогосподарського виробництва [1, 2].

З урахуванням цього проблема зменшення витрат енергії на оранці і нині не втратила своєї актуальності. Водночас, ефективно її вирішення можливе за умови обґрунтованого вибору схеми і параметрів орного МТА. Визначальний вклад в теорію та практику цього питання внесли Василенко П.М., Нагорний М.Н. та Дубровін В.О., Юшин О.О., Євтенко В.Г., Лучинський М.Д., Кузнецов Ю.І., Кальбус Г.Л., Любімов А.І., Панов І.М., Сакун В.О., Лобачевський Я.П., Касимов А.Ш., Синьооков Г.М., Надикто В.Т., Кюрчев В.М., Булгаков В.М., Кравчук В.І., Кутьков Г.М., Габай Є.В. та інші вчені.

Із аналізу результатів їх досліджень випливає, що для зменшення енерговитрат на оранці енергетичний засіб у агрегаті з плугом, повинен мати:

- вузьку колію;
- високі тягово-зчіпні властивості;
- задовільну керованість та стійкість руху;
- у випадку руху поза борозною – переміщатися на мінімальній відстані від її стінки.

Слід підкреслити, що при рухові трактора правими рушіями в борозні визначальними є лише перші три вимоги. В даній статті здій-

© Кістечок О.Д.

^{*} Науковий керівник – член-кор. НААН України, д.т.н. Надикто В. Т.

снено спробу з'ясувати вплив кожної із цих вимог на енергетичні витрати і шляхи її зниження при виконанні оранки.

Результати і обговорення. Першочергова увага, як бачимо, приділяється питанню вибору колії енергетичного засобу. Більшість дослідників вважають, що цей параметр має бути таким, щоб «центр опору» плуга розташовувався у поздовжньо-вертикальній площині, яка проходить через центр мас трактора [3].

Водночас, д.т.н. Надикто В.Т. стверджує, що такий варіант агрегування орного знаряддя не є найкращим. Оптимальним буде приєднання плуга, при якому його «центр опору» розташовуватиметься зліва (при погляді ззаду) від поздовжньої осі симетрії трактора [4]. В результаті поперечна складова тягового зусилля останнього сприятиме розвантаженню польових дощок орного знаряддя, а значить і зменшенню сумарної сили.

Експериментально встановлено [5], що за умови правильного вибору величини лівостороннього поперечного зміщення шестикорпусного (для прикладу) плуга ПЛП-6-35 лише на 100 мм та знятті перших п'яти польових дощок швидкість руху орного агрегату зросли не менше, ніж на 10%. За рахунок зменшення тягового опору на 14% витрати палива таким орним МТА знизились на 9%. Якість обробітку ґрунту при цьому не погіршилася.

На оранці найбільш ефективними були і залишаються трактори загального призначення. В тому числі і колісні, на яких і сфокусуємо свій подальший аналіз.

На сучасному етапі розвитку вітчизняне виробництво освоїло випуск тракторів загального призначення тягового класу 3, до яких відносяться енергетичні засоби сімейства ХТЗ-170 (рис. 1а). На півдні України вони агрегуються з плугами типу ПЛН-5-35, конструктивна ширина захвату яких складає 1,75 м.



а)



б)

Рис. 1. Трактори тягового класу 3 сімейств ХТЗ-170 (а) і ХТЗ-160 (б)

Оскільки колія цих енергетичних засобів становить 1,86 м, то

плуг до них, як і до тракторів Т-150К, приєднують з правостороннім поперечним зміщенням з усіма випливаючими звідси негативними наслідками [6].

Останнім часом на полях країни з'явилися нові орно-просапні трактори сімейства ХТЗ-160 (рис. 16). Крім заднього, вони мають передній навісний механізм (ПНМ), передній і задній вали відбору потужності (ВВП), реверсивний пост керування і реверсивну трансмісію.

Встановлено, що крім операцій загального призначення, ці енергетичні засоби можуть досить ефективно використовуватись на вирощуванні просапних культур. Це їм забезпечують суцільна рама та конструктивні параметри рушіїв (16,9R38), ширина яких задовільно вписується в міжряддя 70 см.

Для розв'язання проблеми збільшення вантажопід'ємності ПНМ передні колеса ХТЗ-160 мають такий же розмір, як і задні (16,9R38). А при великому діаметрі керованих коліс трактора для забезпечення йому прийняттого мінімального радіусу повороту колія повинна бути також збільшена. Саме тому у ХТЗ-160 вона становить 2,1 м.

Оскільки за своїми тягово-зчіпними властивостями ці трактори відповідають енергетичним засобам тягового класу 3, то на оранці вони можуть агрегуватись з плугами типу ПЛН-5-35. Але для симетричного (в крайньому разі) приєднання цих знарядь ХТЗ-160 повинні, як випливає із вищевикладеного аналізу, рухатися правими колесами в борозні або напівборозні. Доведено, що ефект від зменшення тягового опору плуга та розворотного моменту за рахунок його приєднання до трактора симетрично або навіть з лівостороннім поперечним зміщенням повністю компенсує збитки, отримані від недоліків руху орного машинно-тракторного агрегату поза борозною [4, 5].

Водночас, для зменшення енергетичних витрат при рухові трактора правими колесами у борозні він повинен мати високі тягово-зчіпні показники.

Одним із варіантів розв'язання цієї проблеми є застосування гідрозбільшувачів зчіпної ваги (ГЗВ). Проте слід підкреслити, що вони значно ускладнюють конструкцію трактора, мають відносно низьку надійність роботи і є досить дорогими. Більше того, ефективність їх використання забезпечується лише за наявності систем автоматизації. У зв'язку з цим більш-менш широке застосування ГЗВ поки що не знаходять.

Більш простим варіантом підвищення тягово-зчіпних властивостей колісного енергетичного засобу є збільшення його експлуатаційної ваги. В роботі [7], наприклад, автори стверджують, що «повна реалізація потужності двигуна енергозасобу підвищеного рівня енергонасиченості через тягове зусилля може бути здійснена за рахунок його баластування».

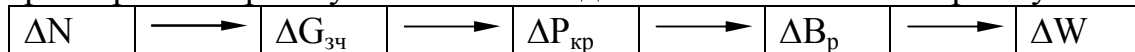
Водночас, дослідниками встановлено, що збільшення експлуатаційної ваги трактора шляхом його баластування суттєвого впливу на максимальну значину тягового коефіцієнта корисної дії ККД не здійснює [8], а от ущільнювальний вплив рушіїв енергетичного засобу на ґрунт при цьому зростає.

Крім того, баластування трактора, як відомо, найбільш ефективне на твердій поверхні, в той час як потреба у такому конструктивному рішенні виникає на м'якому агрофоні. А останній, як показує практика, схильний до переущільнення.

Виходячи з цього, д.т.н. Надикто В.Т. проблему баластування колісних енергетичних засобів пропонує розв'язувати з урахуванням умови екофільності шини, яка об'єднує у собі її вантажопідйомність та обмеження тиску на ґрунт [8].

Найбільш ефективним варіантом розв'язання проблеми підвищення тягового-зчіпних властивостей колісного трактора при його агрегуванні з плугом є застосування замість баласту як самої маси передньо-навісного (фронтального) знаряддя (тобто плуга), так і вертикальної складової його тягового опору. При цьому передбачалося, що при такому приєднанні орного знаряддя зчіпна маса енергетичного засобу повинна збільшитися, а буксування рушіїв і питомі витрати палива – відповідно зменшитися [9-11].

Суть фронтального агрегування досить предметно висвітлена в роботі [11]. Її автори переваги нової схеми орного машинно-тракторного агрегату пояснюють з допомогою такого алгоритму:



За схематичним зображенням криється наступний зміст. Маса та тяговий опір фронтально навішеного знаряддя збільшують вертикальне навантаження на передні ведучі колеса енергетичного засобу на певну величину ΔN . В результаті відповідним чином зростає зчіпна маса ($\Delta G_{зч}$) та тягове зусилля ($\Delta P_{кр}$) трактора. Завдяки росту $P_{кр}$ з'являється можливість збільшити робочу ширину захвату знаряддя (ΔB_p), а значить і продуктивність всього агрегату (ΔW), яка становить [11]

$$\Delta W = 0,1 \cdot V \cdot (\varphi - f) \cdot (N_{зн}^п + N_{зн}^н - N_{зн}^3 - G_{по} \cdot g) / k,$$

де V – швидкість робочого руху агрегату, км/год;

φ, f – коефіцієнт використання зчіпної маси та коефіцієнт опору коченню коліс трактора відповідно;

$N_{зн}^п, N_{зн}^н$ – дійсні значини вертикального навантаження на задньому і передньому мостах трактора при агрегуванні знаряддя за схемою «push-pull», кН;

$N_{зн}^3$ – дійсна значина вертикального навантаження на задньому мосту трактора при його традиційному агрегуванні з тяговим знаряддям, кН;

$G_{\text{по}}$ – експлуатаційна маса трактора, що припадає на його передній міст, кг;

g – прискорення вільного падіння, м/с^2 ;

k – питомий тяговий опір знаряддя, кН/м^2 .

Схема орного агрегату у складі трактора, фронтального і задньонавісного плугів отримала назву «push-pull» (тобто «штовхай-тягни»). І хоча вона уже має певне розповсюдження за кордоном, в нашій країні застосування ще не знайшла. На практиці виявилось, що при неправильному приєднанні фронтального орного знаряддя може мати місце не довантаження, а, навпаки, розвантаження передніх керованих коліс енергетичного засобу з неминучою втратою при цьому стійкості та керованості руху всього МТА.

Із-за цього деякі вчені дійшли до висновку, що фронтальне агрегування можна запроваджувати лише для малоенергоємних машин/знарядь [12, 13]. Інші вважають більш перспективним напрямком реалізацію схеми «push-pull» на базі лише інтегральних енергетичних засобів з однаковими колесами, у яких на передні колеса припадає близько 60% їх експлуатаційної маси [14].

Поряд з ними низка дослідників все-таки підкреслюють можливість і ефективність використання тракторів у складі орних агрегатів з фронтальними плугами [15].

Домовимося під термінами «*фронтальний плуг*», «*передньонавісний плуг*», «*передній плуг*», «*фронтально навішена секція*», «*плуг фронтального навішування*» розуміти знаряддя, які приєднуються до переднього навісного механізму енергетичного засобу і функціонують у режимі штовхання.

Як уже підкреслювалось, серійне виробництво фронтальних плугів у нашій країні відсутнє. Більш-менш масово ці знаряддя виготовляють за кордоном: у Німеччині, Франції та деяких інших країнах.

Як показує аналіз, фірми Європи пропонують в основному дво- або трикорпусні орні знаряддя. Фронтальні плуги з більшою кількістю корпусів виготовляються лише на замовлення.

Слід підкреслити, що серед передньонавісних орних знарядь переважна частина є оборотними (рис. 2).

Єдиною задекларованою їх перевагою перед звичайними плугами є можливість виконання оранки без згінних і розгінних борін.

Водночас, як указується в роботі [16], за умови відповідної підготовленості механізатора вказана перевага оборотного орного знаряддя може бути нівельована. Більше того, за певних умов витрати часу на повороти при використанні цього плуга можуть бути більшими, ніж при застосуванні звичайного.



Рис. 2. Фронтальний плуг FX 31075Н німецької фірми OVERUM

Практично в усіх фронтальних плугів зчіпний механізм шарнірно приєднаний до рами. На думку дослідників це сприяє підвищенню керованості руху орного агрегату за схемою «push-pull».

В дійсності таке може мати місце лише за умови, коли опорне колесо фронтального плуга буде розташоване в борозні (рис. 3).



Рис. 3. Приклади розташування опорного колеса фронтального плуга у борозні

Упираючись своєю боковою поверхнею в її стінку, воно обмежуватиме кутову поворотність передньонавісного орного знаряддя у горизонтальній площині.

Проте слід підкреслити, що надійне переміщення опорного колеса фронтального плуга у борозні можливе за умови чистоти її дна. Як показує багаторічна практика, в ґрунтових умовах півдня України таке трапляється досить рідко. Найчастіше на дні борозни попереднього проходу орного агрегату залишаються брили ґрунту діаметром в середньому 10...12 см. Так як на період здійснення оранки вологість ґрунту може не перевищувати 10...12% [17], то міцність таких брил є

суттєвою. В результаті фронтальне колесо, наїжджаючи на перешкоду у вигляді міцної брили ґрунту, вимілює фронтальний плуг.

Цілком зрозуміло, що якість оранки при цьому не може задовольняти агротехнічних вимог. Саме таке і було встановлено д.т.н. Надикто В.Т. при дослідженні роботи фронтального плуга у складі орного агрегату за схемою «push-pull» на основі модульного енергетичного засобу МЕЗ-200 [17]. В результаті ним запропоновано опорне колесо фронтального плуга розташовувати поза борозною – на необробленому полі.

Водночас, видалення вказаного колеса із борозни породжує проблему стійкості руху передньонавісного орного знаряддя в горизонтальній площині при його шарнірному приєднанні до енергетичного засобу. Не маючи опори, фронтальний плуг може зайняти крайнє (ліве чи праве) відхилене положення і в подальшому не вийти з нього. Цілком зрозуміло, що подальша робота орного агрегату при цьому практично неможлива.

Важливим моментом комплектування орного агрегату за схемою «push-pull» є визначення співвідношення між кількістю корпусів фронтального і задньонавісного плугів. Найменш розповсюдженим варіантом є співвідношення 1:1.

Дослідженнями минулих років встановлено [18, 19], що передньонавісний плуг повинен мати менше корпусів, ніж задній. Зазвичай найменша кількість корпусів фронтального орного знаряддя становить два. Не менш розповсюдженим варіантом орного агрегату за схемою «push-pull» є застосування трикорпусного фронтального знаряддя/

Вибираючи співвідношення між кількістю фронтальних і задніх корпусів плуга враховують той факт, що стійкість руху у горизонтальній площині агрегату за схемою «2+4» може бути вищою, ніж у агрегатів за схемами «2+3» або «3+4» [14]. Автори цієї ж роботи вважають, що для кращої керованості руху тяговий опір передньонавісного плуга не повинен перевищувати 40% загального тягового опору орного агрегату.

Водночас, за даними закордонних фірм найбільший приріст продуктивності на оранці забезпечують МТА за схемами «3+4» та «3+5». Збільшення вказаного показника сягає 58...60% [19].

Ще раз підкреслимо, що за неправильного обґрунтування конструктивних параметрів переднього навісного механізму трактора та параметрів зчіпного пристрою фронтального плуга можливе не бажане довантаження, а негативне розвантаження переднього мосту, а отже і керованих коліс енергетичного засобу.

Висновки. Із приведеного вище аналізу випливає, що застосування орних агрегатів із передньо- та задньонавісними плугами є актуальним і перспективним. Закордонна і вітчизняна практика випро-

бувань та експлуатації таких машинно-тракторних агрегатів дозволила виявити наступні їх переваги:

- збільшення конструктивної ширини захвату, а значить і продуктивності праці. Досягається це за рахунок зростання тягового зусилля енергетичного засобу, зчіпна маса якого збільшується внаслідок взаємодії з фронтальним знаряддям;

- економія витрат палива за рахунок зменшення буксування рушіїв трактора завдяки зростанню його зчіпної маси при агрегуванні з фронтальним плугом;

- зменшення металоємкості у порівнянні з орним машинно-тракторним агрегатом, зчіпна маса якого збільшується шляхом баластування енергетичного засобу.

До недоліків орних агрегатів за схемою «push-pull» слід віднести:

- збільшення кінематичної довжини агрегату, що потенційно може привести до відповідного зростання ширини поворотної смуги та невиробничих витрат часу, пов'язаних із поворотами орного МТА;

- можливе погіршення стійкості робочого руху, обумовлене наявністю фронтального плуга.

Наявність потенційних переваг орних МТА за схемою «push-pull» створює передумови для проведення досліджень, метою яких є зменшення питомих витрат палива та підвищення техніко-економічних показників роботи орного МТА з переднім і заднім навісними плугами шляхом обґрунтування його схеми та конструктивних параметрів.

Література

1. Масло І.П. Шляхи енергозбереження при виробництві продукції рослинництва / І.П. Масло, М.Н. Нагорний // Вісник сільськогосподарської науки. – 1994. – №7.

2. Панов И.М. Основные пути снижения энергозатрат при обработке почвы / И.П. Панов, Н.М. Орлов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1987. – №8. – С. 27-30.

3. Лобачевский Я.П. Перспективные направления совершенствования лемешно-отвальных плугов / Я.П. Лобачевский, И.М. Панов, А.И. Панов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2000. – №5.

4. Надыкто В.Т. Обоснование схемы и параметров пахотного агрегата на основе трактора тягово-энергетической концепции: Автореф. дис... канд. техн. наук. – М., 1989. – 20 с.

5. Булгаков В.М. Агрегування плугів / В.М. Булгаков, В.І. Кравчук, В.Т. Надикто. – К.: Аграрна наука, 2008. – 152 с.

6. Кочев В.И. Рациональное агрегатирование плугов с колесными энергетическими средствами / В.И. Кочев, В.Т. Надыкто // Механи-

зация и электрификация сельского хозяйства. – К.: Урожай, 1988. – №68. – С.16-22.

7. Балластирование колесного трактора / *И.П. Шподаренко, Д.З. Стародинский, А.И. Владимиров* и др. // *Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства*. – 1975. – №11. – С. 28-30.

8. *Надикто В.Т.* Проблеми баластування колісних тракторів / *В.Т. Надикто* / *Техніка і технології АПК*. – 2013. – №2.

9. *Надыкто В.Т.* Агрегатирование МЭС с передненавесным плугом / *В.Т. Надыкто* / *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. – 1994. – №7. – С. 21-23.

10. *Надыкто В.Т.* Снижение энергозатрат пахотными МТА на основе МЭС / *В.Т. Надыкто* / *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. – 1996. – №10. – С. 8-11.

11. Нові мобільні енергетичні засоби України. Теоретичні основи використання в землеробстві// Навч. посібник /*В.Т. Надикто, М.Л.Крижачківський, В.М. Кюрчев, С.Л. Абдула*. – Мелітополь: ТОВ «Видавничий будинок «ММД», 2005. – 337 с.

12. *Кабаков Н.С.* Устойчивость комбинированного агрегата с передней и задней навесными системами / *Н.С. Кабаков, М.Я. Турушев* / *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. – 1981. – №7.

13. *Касымов А.Ш.* Плуг передней и задней навески /*А.Ш. Касымов, В.Г. Кирюхин* / *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. – 1990. – №4.

14. *Думай Л.Б.* Машины и орудия для основной обработки почвы /*Л.Б. Думай, И.К. Захаров, В.Г. Кирюхин* / *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. – 1991. – №4.

15. *Кутьков Г.М.* Эксплуатационно-технологические показатели пахотных МТА с передней и задней навеской плугов / *Г.М. Кутьков, В.Э. Свирчкович* / *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. – 1993. – №12. – С.15-17.

16. *Надикто В.Т.* Щодо доцільності використання оборотного плуга/ *В.Т. Надикто* // *Вісник аграрної науки*. – 2014. – №10.

17. *Надыкто В.Т.* Основы агрегатирования модульных энергетических средств / *В.Т. Надыкто*. – Мелітополь: КП «ММД», 2003. – 240 с.

18. *Rousselet M.* Charrues avant: l'essai est concienant. – *Tracteurs et Mashines Agricoles*, 1982. – №793. – P. 3-9.

19. *Köller K.* Frontpluge: Nur Zugnummern für Vorührungen? – *Agrar-ubersicht*, 1983. – №1. – P. 12-13.

АНАЛИЗ ПУТЕЙ УМЕНЬШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ НА ВСПАШКЕ

А. Д. Кистечок

Аннотация – изложены результаты анализа уменьшения энергетических затрат на вспашке. Приведены преимущества и основные недостатки пахотных машинно-тракторных агрегатов по схеме «push-pull». Обусловлены перспективы использования таких МТА в условиях Украины.

ANALYSIS WAYS DECLINE OF POWER EXPENSES ON PLOUGHING

O. Kistechok

Summary

The results analysis decline of power expenses are expounded on ploughing. Advantages and basic lacks of arable machine-tractor aggregates are indicated on the chart of «push-pull». The prospects uses of such aggregates are indicated in the conditions of Ukraine.